



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA
INSTITUTO DE GEOLOGÍA

ESTRATIGRAFÍA CENOZOICA DEL ÁREA
TECOMAVACA-CUICATLÁN, LA CAÑADA, ESTADO DE
OAXACA Y SU SIGNIFICACIÓN REGIONAL

TESIS

Que para obtener el grado de:
Maestro en Ciencias (Geología)

Presenta:

Felipe García Villegas

Director:

Dr. Ismael Ferrusquía Villafranca

México, D.F., 2008



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.

A

Josefina y Paula Viridiana;

María Paula y Felipe;

Socorro, Juan, Juan Felipe, Pablo Iván;

y Refugio

Agradecimientos:

Este trabajo fue posible gracias al apoyo de varias instituciones y personas, entre las primeras, destacan el Instituto de Geología de la Universidad Nacional Autónoma de México, el Consejo de Ciencia y Tecnología, y actualmente la Comisión Federal de Electricidad; entre las segundas, agradezco en forma especial a mi Director de tesis, Dr. Ismael Ferrusquía Villafranca, investigador del Instituto de Geología, por su paciencia, consejo y apoyo.

También agradezco, al Dr. Antonio Uribe Carvajal, jefe del Departamento de Sismotectónica de CFE y catedrático de la Facultad de Ingeniería de la UNAM, su apoyo y comentarios técnicos, así como el apoyo de los ingenieros Gustavo Arvizu Lara Gerente de Estudios de Ingeniería Civil y Ciencias de la Tierra de CFE y Moisés Dávila Serrano, Subgerente de Estudios Geológicos.

En las primeras campañas de campo, aparte de los valiosos comentarios del Dr. Ferrusquía, obtuve el de los doctores Fred Mc. Dowell, de la University of Texas y Enrique Martínez Hernández del Instituto de Geología, también en esas campañas fue fundamental el apoyo del Biól. Hiram Barrios Rivera.

En la última temporada de campo recibí el auxilio de los ingenieros Mario A. Garduño Hernández y Marco A. Méndez Garza. Para los estudios petrográficos recibí asesoría del Ing. Miguel A. Ruvalcaba Sepúlveda, en el Laboratorio de Petrografía de CFE, uno de los estudios lo realizó el Dr. Mariano Elías. La mayor parte de las láminas delgadas se realizó en el Instituto de Geología y otras fueron realizadas por el Sr. Federico Soto.

Las figuras y secciones geológicas fueron digitalizadas por la estudiante Paula Viridiana García Cruz. La corrección y edición final de los planos geológicos se deben al Sr. Salvador Garduño Santana.

Los ingenieros Sixto Fernández Ramírez y Edgar Sánchez Alvaro aportaron valiosos comentarios para este trabajo y el Ing. Juan Sánchez Pérez y el M. Oscar Murguía Aizpurua, me apoyaron con la revisión del texto.

Agradezco a todas aquellas personas cuyo nombre omití de manera involuntaria, especialmente a mis colegas y compañeros de trabajo y, a mi esposa, Josefina Cruz Márquez por su apoyo incondicional.

CONTENIDO

	PÁGINA
RESUMEN	
I. INTRODUCCIÓN	1
I.1. Objetivo y alcance	3
I.2. Método de trabajo	3
I.3. Estudios previos	4
II. MARCO GEOGRÁFICO	6
II.1. Localización	6
II.2. Acceso	6
II.3. Población	7
II.4. Rasgos geomorfológicos	7
II.5. Rasgos hidrográficos	10
II.6. Clima	10
II.7. Vegetación y fauna	11
III. ESTRATIGRAFÍA	13
III.1. Complejo Metamórfico	13
Estudios petrográficos de muestras del Complejo Metamórfico	18
III.2. Secuencia Calcárea Cretácica	22
Estudios petrográficos de muestras de la Secuencia Calcárea Cretácica	25
ERATEMA CENOZOICO	30
<u>Sistema Terciario</u>	30
III.3. Conglomerado Río Seco (Nombre Nuevo)	32
Consideración Histórico-Taxonómico-Nomenclatural	32
Definición, ubicación, extensión y expresión geomorfológica	32
Espesor, litología e interpretación genético-ambiental	33
Relaciones estratigráficas	36
Paleontología	36
Edad y correlación	36
Estudio petrográfico de una muestras representativa del Conglomerado Río Seco	37
Sección principal de referencia del Conglomerado Río Seco	38
III.4. Formación Tomellín (Nombre Nuevo)	40
Consideración Histórico-Taxonómico-Nomenclatural	40
Definición, ubicación, extensión y expresión geomorfológica	40
Subdivisión litoestratigráfica informal: Miembros Tobáceo y Limoso Fosilífero	42
Miembro Tobáceo	42
Litología	43
Miembro Limoso Fosilífero	44
Litología	45
Espesor e interpretación genético-ambiental	46

	Relaciones estratigráficas	47
	Paleontología	48
	Edad y correlación	50
	Estudios petrográficos de muestras de la Formación Tomellín	51
	Sección principal de referencia de la Formación Tomellín	63
III.5	Formación Cuicatlán	65
	Consideración Histórico-Taxonómico-Nomenclatural	65
	Redefinición, ubicación, extensión y expresión geomorfológica	66
	Subdivisión litoestratigráfica informal: Miembros Conglomerático y Brechoso	68
	Miembro Conglomerático	68
	Litología	69
	Miembro Brechoso	70
	Litología	70
	Espesor e interpretación genético-ambiental	71
	Relaciones estratigráficas	71
	Paleontología	72
	Edad y correlación	72
	Estudios petrográficos de muestras de la Formación Cuicatlán	73
	Sección principal de referencia de la Formación Cuicatlán	85
III.6	Filarenita Quiotepec (Nombre Nuevo).	86
	Consideración Histórico-Taxonómico-Nomenclatural	86
	Definición, ubicación, extensión y expresión geomorfológica	87
	Subdivisión litoestratigráfica informal: Miembros Yesífero Lacustre y Areno-lutítico	88
	Miembro Yesífero Lacustre	88
	Litología	89
	Miembro Areno-lutítico	90
	Litología	90
	Espesor e interpretación genético-ambiental	91
	Relaciones estratigráficas	93
	Paleontología	93
	Edad y correlación	94
	Estudios petrográficos de muestras de la Filarenita Quiotepec	96
	Sección principal de referencia de la Filarenita Quiotepec	115
	<u>Sistema Cuaternario</u>	117
III.7	Conglomerado Polimíctico	117
III.8	Depósitos Aluviales	118
III.9	Depósitos Coluviales.	119
III.10	Suelos.	119
IV.	GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	120
IV.1.	Basamento Precenozoico	121
IV.2.	Secuencia Cenozoica	123

V.	SIGNIFICADO GEOLÓGICO REGIONAL DE LA INFORMACIÓN LITOSTRATIGRÁFICA Y ESTRUCTURAL DE LA SECUENCIA CENOZOICA DEL ÁREA TECOMAVACA-CUICATLÁN	126
VI.	MODELOS DE EVOLUCIÓN TECTONOSEDIMENTARIA DE LA SECUENCIA CENOZOICA	131
	El Modelo Jerárquico de Ross y Scotese, 1988	131
	El Modelo de los Terrenos Tectonoestratigráficos de Sedlock <i>et al.</i> , 1993	132
	El Modelo de Truncamiento Continental Marginal, De Cserna, 1961; Schaaf <i>et al.</i> , 1995	133
	El Modelo de Reconstrucciones Alternativas Cenozoicas de Keppie y Morán-Zenteno, 2005	134
	REFLEXIÓN FINAL.	136
VII.	SUMARIO Y CONCLUSIONES	137
VIII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	139

PLANOS (en sobre)

- 1 Geología del Área Tecomavaca-Cuicatlán, Estado de Oaxaca
- 2 Secciones Geológicas, Área Tecomavaca-Cuicatlán, Estado de Oaxaca

ÍNDICE DE FIGURAS		PÁGINA
1	Mapa de localización del Área Tecomavaca-Cuicatlán	2
2	Localización de las áreas cartografiadas estudiadas en la región	5
3	División municipal del área de estudio	6
4	Subprovincias Morfotectónicas de la Sierra Madre del Sur reconocibles en la porción septentrional del Estado de Oaxaca (Modificado de Ferrusquía-Villafranca, 2001)	8
5	Mapa hipsométrico del área de estudio	9
6	Zonificación climática del área de estudio	11
7	Zonificación de la vegetación natural en el área de estudio	12
8	Vista del Valle de Cuicatlán, desde el sur.	13
9	Columna litoestratigráfica del Área Tecomavaca-Cuicatlán, Oaxaca	14
10	Tabla de correlación de unidades litoestratigráficas con áreas contiguas al Área Tecomavaca-Cuicatlán, Estado de Oaxaca	15
11	Panorámica de las sierras que limitan la depresión al oriente.	16
12	Diagrama Pi, hemisferio inferior, de la foliación en el Complejo Metamórfico	17
13	Sierra constituida por rocas de la Secuencia Calcárea Cretácica, en la porción occidental del área, sobre el camino hacia Ixcatlán.	22
14	Afloramiento de calizas micríticas delgadas con lentes de pedernal, porción suroccidental del área. El mango del martillo tiene longitud de 33 cm.	23
15	Capas horizontales de la Secuencia Calcárea Cretácica, en el cauce del Río Seco, noroeste de la zona de interés.	24
16	Diagrama Pi, hemisferio inferior, de estratificación en rocas de la Secuencia Calcárea Cretácica.	24
17	Conglomerado Río Seco (b), en parte de la cresta de la porción oriental de las Sierras Mixtecas, sobre el camino a Ixcatlán, (a) Secuencia calcárea cretácica	34
18	Parte sur del Cañón del Río Seco, cantiles verticales en la unidad del mismo nombre, los estratos son gruesos a masivos, subhorizontales	34
19	Clastos predominantemente micríticos del Conglomerado Río Seco, derivados de la Secuencia Calcárea Cretácica. La libreta de campo como escala gráfica tiene longitud de 17 cm	35
20	Cerro del Gallo, Localidad tipo de la Formación Tomellín, al sureste de la estación de ferrocarril del mismo nombre.	41
21	Cerros bajos de la Formación Tomellín (a), en la porción central de la Depresión de Cuicatlán en la zona del poblado del mismo nombre e inicio de los cantiles de la Formación Cuicatlán (b).	42
22	Areniscas del Miembro tobáceo de la Formación Tomellín, tienen una inclinación moderada dirigida hacia la depresión. Afloramiento en el área de Valerio Trujano	43

23	Limolitas y areniscas finas de los Miembros limosos fosilíferos de la Formación Tomellín	44
24	Contacto superior discordante de la Formación Tomellín, con capas brechoides de la Formación Cuicatlán	48
25	Localidad fósil El Zapote, las rocas son limolitas y areniscas pertenecientes a la Formación Tomellín	49
26	Cantiles al oriente del poblado Cuicatlán, Localidad Tipo de la formación del mismo nombre	67
27	Cuerpos rocosos de la Formación Cuicatlán (a) en la porción baja y media del frente montañoso de la Sierra de Juárez, descansa sobre la Formación Tomellín (b), en primer plano; al fondo, en la zona alta, destacan las rocas del Complejo Metamórfico (c).	68
28	Cuerpos de conglomerados y areniscas de la Formación Cuicatlán, en las inmediaciones de este poblado	69
29	Cuerpos de brecha sedimentaria de la Formación Cuicatlán, en el camino que comunica los poblados Cuicatlán y Concepción Pápalo.	70
30	Lomeríos de baja altura formados por rocas de la Filarenita Quiotepec, en el Río Grande, en la porción central del área de estudio.	88
31	Mesetas constituidas por las rocas del Miembro Areno-lutítico de la Filarenita Quiotepec (b), en primer plano, rocas del Conglomerado Río Seco (a), en la zona del cañón labrado por el río del mismo nombre.	90
32	Capas del Miembro Areno-lutítico (color verde claro) intercaladas dentro de los estratos del Miembro Arenoso fino hematizado (color rojo), en la carretera 131, porción central del área.	91
33	Contacto transicional de la Filarenita Quiotepec (b) sobre brechas de la porción inferior de la Formación Cuicatlán (c), y una cubierta delgada de depósitos aluviales (a), sobre éstas, en la Barranca Chile.	93
34	Zona de contacto transicional de la Filarenita Quiotepec sobre brechas de la porción inferior de la Formación Cuicatlán. Localidad: Barranca Chile.	95
35	Terrazas aluviales descansando discordantemente sobre la Formación Quiotepec, en el área de Tecomavaca.	117
36	Depósitos aluviales en los arroyos de la zona al noreste de Tecomavaca	119
37	Estrías de falla (F) del Sistema NW en rocas del Complejo Metamórfico y fracturas (f) paralelas a la foliación, camino Tecomavaca a Pochotepec	121
38	Zona de cizalla de falla inversa en esquisto cuarzofeldespático milonitizado, en el camino Quiotepec a San Juan Chiquihuitán	122
39	Diagrama beta, hemisferio inferior, de fracturas y fallas en las rocas metamórficas.	123
40	Diagrama beta, hemisferio inferior, de fracturas y fallas en las rocas calcáreas	123
41	Falla normal del sistema NE en rocas de la Formación Cuicatlán, al noreste de la población del mismo nombre.	124
42	Contacto por falla normal entre la Formación Cuicatlán (a la izquierda) y el Complejo Metamórfico (a la derecha) al oriente del poblado Quiotepec.	124

43	Diagrama beta, hemisferio inferior, de fracturas y fallas en las rocas de la Formación Tomellín	125
44	Diagrama beta, hemisferio inferior, de fracturas y fallas en las rocas de la Formación Cuicatlán.	125
45	Diagrama beta, hemisferio inferior, de fracturas y fallas en las rocas de la Filarenita Quiotepec.	125
46	Diagrama de densidad de polos, en proyección equiareal, hemisferio inferior, de fracturas y fallas en las rocas cenozoicas	125
47	Representación esquemática de la evolución tectonoestratigráfica del área, durante el Cretácico (a) y en el Cenozoico: Paleógeno ? (b), Mioceno Medio a Tardío (c), Mioceno Tardío ? (d), Mioceno Final-Plioceno ? (e) y Cuaternario (f) [ver p. 127, 129, para discusión completa]	127
48	Contacto discordante de la parte superior de la Secuencia Calcárea Cretácica (a), bajo el Conglomerado Río Seco (b), en la porción noroccidental de la zona de estudio.	129
49	Diagrama pi, hemisferio inferior, de la estratificación en las rocas de la Formación Tomellín.	130
50	Diagrama pi, hemisferio inferior, de la estratificación en las rocas de la Formación Cuicatlán.	130
51	Diagrama pi, hemisferio inferior, de la estratificación en las rocas de la Filarenita Quiotepec.	130

RESUMEN

El Área Tecomavaca-Cuicatlán yace entre los 17°45'- 18°00' Lat. N y 96°51'- 97°08' Long. W y entre los 550-1600 msnm, con una superficie de 489 000 km², forma parte de La Cañada, una de las siete Regiones Naturales del Estado de Oaxaca. Estructuralmente dicha región es una semi-fosa tectónica de dirección NNW-SSE, delimitada al oriente por un pilar tectónico formado por un complejo metamórfico de alto grado y edad mesozoica ¿temprana?, y al occidente por un pilar tectónico constituido por una secuencia carbonatada cretácica. En la depresión está emplazada una sucesión sedimentaria cenozoica, cuya discriminación estratigráfica es el objeto de este estudio.

Dicha sucesión está constituida por cinco unidades litoestratigráficas, las cuales se describen a continuación en orden ascendente. La unidad inferior es el **Conglomerado Río Seco** (espesor estimado, 200 m), formado por cantos rodados de caliza, depositados en un ambiente aluvial de alta energía, probablemente en el Paleógeno Medio-Tardío. Le sobreyace discordantemente la **Formación Tomellín** (espesor estimado, 500 m), constituida por limolitas, areniscas, depositadas en un ambiente lacustre; este paleolago recibió también volúmenes importantes de piroclastos de grano fino, producto de actividad volcánica lejana. Esta unidad porta mamíferos fósiles: la fauna local Cuicatlán [*Merycodus* sp. (Antilocapridae), ?*Oxydactulus* sp. (Camelidae) y un équido], que denota una edad meso-miocénica temprana.

La **Formación Cuicatlán** (espesor estimado, 600 m) y la **Filarenita Quiotepec** (espesor estimado, 500 m) yacen en discordancia sobre la unidad anterior. La Formación Cuicatlán consiste de conglomerado y brecha sedimentaria, depositados en un ambiente fluvial de alta energía (abanico aluvial y probablemente también depósitos de pie de monte). La Filarenita Quiotepec está formada por limolitas y areniscas, con abundantes fragmentos metamórficos y yeso, depositados en un ambiente de baja energía (planicie de inundación y lago somero). La Filarenita Quiotepec se interdigita parcialmente con la Formación Cuicatlán; dado que esta última sobreyace a la Formación Tomellín del Mioceno Medio temprano, su edad probable es miocénica tardía. La **quinta unidad** litoestratigráfica corresponde a los depósitos cuaternarios (espesor estimado, 30 m) que sobreyacen en discordancia a las formaciones mencionadas. Destacan dos cuerpos pequeños conglomerático-polimícticos, depositados en un ambiente fluvial de alta energía, ubicado en un nivel base de erosión más alto que el actual de La Cañada. Los otros depósitos cuaternarios están formados por aluvión y coluvión; se incluye también el suelo existente.

Estructuralmente, la secuencia terciaria tiene una inclinación general de ~20° E, está limitada al oriente por una falla normal NNW-SSE, con un plano de inclinación de ~30° W, y un salto de falla de por lo menos 1,500 m. La falla occidental que delimita a la semi-fosa también es normal y sus salto es mucho menor que el de la oriental. Las fracturas y fallas en las rocas pre-cenozoicas y cenozoicas, tienen orientaciones semejantes: NW, NE, N-S y E-W.

Lo anterior denota que la falla oriental, corresponde a una estructura pre-cenozoica reactivada intermitentemente en el Cenozoico [Paleógeno Tardío-Neógeno Temprano (Mioceno Tardío)]. Dicha actividad tectónica controló la sedimentación cenozoica en la semi-fosa La Cañada, y es el elemento responsable de la arquitectura de la secuencia terciaria.

La semi-fosa continúa al norte en Puebla meridional (Área de Tehuacán) como una depresión amplia que contiene una secuencia del Terciario Temprano-Medio, y al sur hasta los Valles Centrales en Oaxaca, los cuales corresponden a una fosa el forma de "Y", donde se emplaza una secuencia meso-miocénica. Estos hechos indican que las cuencas continentales del Sureste de México, acusaron una evolución diferente durante el Cenozoico, lo cual, tampoco ha sido abordado por los modelos de evolución tectónica de esta región propuestos a la fecha.

ESTRATIGRAFÍA CENOZOICA DEL ÁREA TECOMAVACA-CUICATLÁN, LA CAÑADA, ESTADO DE OAXACA Y SU SIGNIFICACIÓN REGIONAL

I. INTRODUCCIÓN

A pesar de la importancia científica y económica que representan los cuerpos de roca originados en ambientes continentales durante el Cenozoico, así como de la abundante bibliografía geológica de estudios realizados en el país, la cantidad de éstos que se refieren a unidades litoestratigráficas de este sistema es mínima y, en muchas ocasiones, el tratamiento de estas unidades, por no ser prioritario en dichos estudios, no se realiza con el rigor que requiere el trabajo estratigráfico, lo cual ha propiciado que los datos detallados, objetivos y confiables sean escasos. Este desdén se explica porque en forma tradicional los geólogos han dirigido sus esfuerzos de manera prioritaria al estudio de rocas marinas mesozoicas, por su importancia para alojar hidrocarburos, o también en cuerpos de rocas de edad similar o mayor, susceptibles de presentar mineralización.

Ante esa necesidad, el presente trabajo está enfocado a cubrir parte del vacío de conocimiento geológico que existe acerca del Cenozoico continental en el sur de México, con respecto al ambiente geológico y significado regional de las unidades litoestratigráficas presentes.

El Área Tecomavaca-Cuicatlán (Figura 1) se encuentra en la región septentrional del Estado de Oaxaca, entre los 17°45' y 18°00' latitud N y los 97°08'-96°58' (en la porción norte) y 97°02'-96°52' (en la porción sur) de longitud W; tiene la forma de un paralelogramo dispuesto en sentido nor-noroeste sur-sureste, que mide 29,63 km de largo por 17,67 km de ancho y posee una superficie de 489 067 km².

Este estudio se enmarca en la investigación de áreas selectas del Sureste de México abordadas desde 1988 y comprendidas originalmente en el Proyecto "Contribución a la diferenciación estratigráfica del Terciario continental de México: Estudios Geológico-Paleontológico -Geocronométrico -Magnetoestratigráficos en los Estados de Aguascalientes, Guanajuato, Oaxaca y Chiapas", con financiamiento del CONACYT y desarrollado por los doctores Ismael Ferrusquía Villafranca y Enrique Martínez-Hernández del Instituto de Geología; Jaime Urrutia-Fucugauchi, del Instituto de Geofísica; y Fred W. Mc Dowell, del Department of Geological Sciences, University of Texas at Austin, bajo la dirección del primero. Posteriormente, con el apoyo del Instituto de Geología, el Dr. Ferrusquía-Villafranca ha profundizado en este tema.

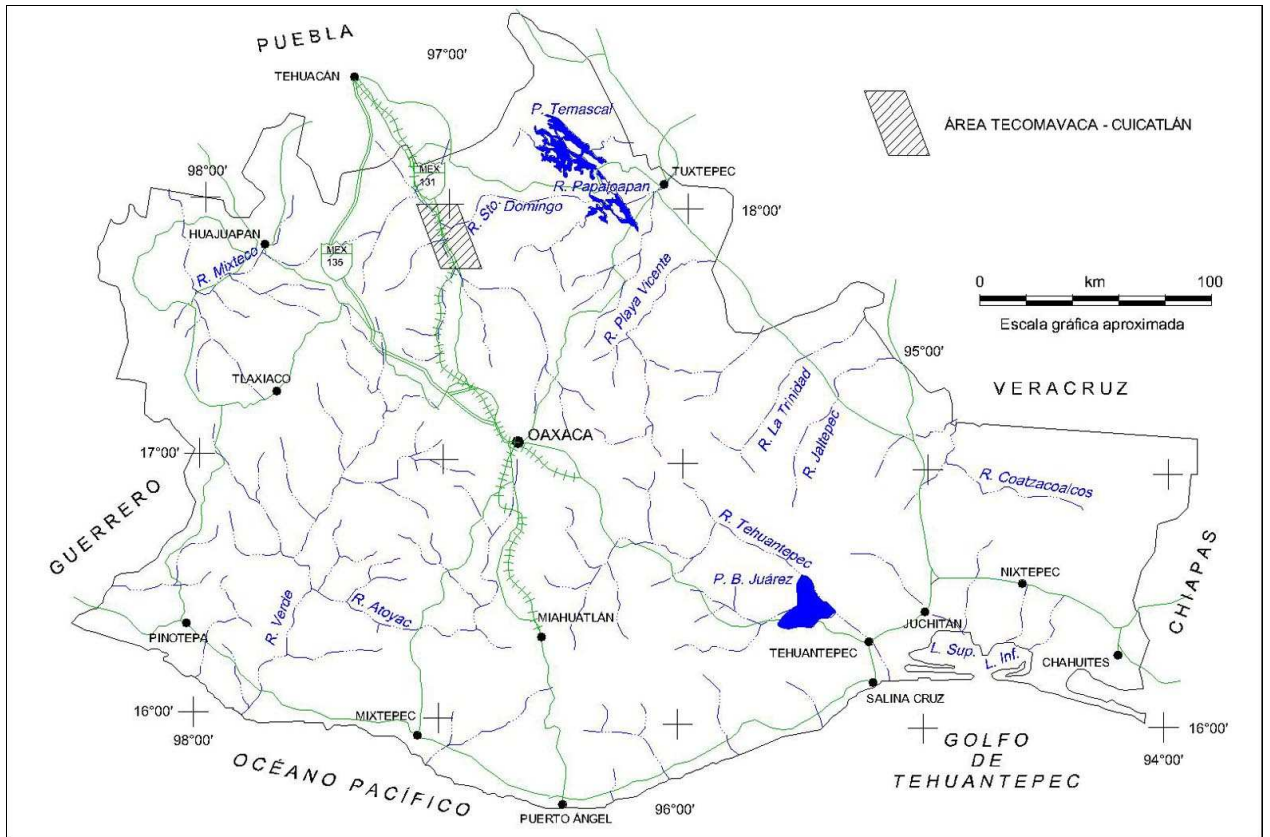


Figura 1. Mapa de localización del Área Tecomavaca-Cuicatlán

El texto, comprende ocho capítulos, en el primero, se encuentra el objetivo, método de trabajo y estudios previos; en el segundo, se describe el marco geográfico del área de estudio; el tercero, comprende la estratigrafía, considerando las recomendaciones del Código de Nomenclatura Estratigráfica, en cada unidad descrita están incorporados los estudios petrográficos y la sección principal de referencia, con la intención de facilitar la consulta de éstos; en el cuarto capítulo, se muestra una descripción breve de la geología estructural; el quinto capítulo, incluye la importancia geológica interpretada a partir de las condiciones de depósito de las unidades litoestratigráficas cenozoicas; el sexto, presenta una revisión condensada de los modelos de evolución tectonosedimentaria más conocidos del sur de México con respecto al registro presente en la zona de estudio; el séptimo, consta del sumario y conclusiones y el octavo, de las referencias bibliográficas.

I.1. Objetivo y alcance

El objetivo principal de este trabajo es describir las unidades litoestratigráficas del Cenozoico con apego al Código de Nomenclatura Estratigráfica, y los objetivos particulares son:

- Realizar la cartografía detallada del área
- Obtener edades absolutas o relativas de algunas de las unidades litoestratigráficas como calibración
- Interpretar la importancia geológica a partir de las características de las unidades litoestratigráficas cenozoicas
- Revisar la correspondencia del registro en el área de estudio con los modelos de evolución tectonosedimentaria durante el Cenozoico

Conviene señalar que, aunque se describen las unidades litoestratigráficas del Cenozoico, el alcance es provisional, debido a que este trabajo no constituye una publicación que cubra el requisito para formalizarlas.

I.2. Método de trabajo

Para abordar este estudio se realizaron los procesos usuales, los cuales se describen de manera breve a continuación:

- Recopilación de información. Se recabó todo tipo de artículos científicos, informes y cartografía relativos al área de interés.

- Interpretación de modelos de elevación del terreno, ortofotos y fotografías aéreas. En el caso de estas últimas, se obtuvieron en escala 1:50 000 en blanco y negro, comprenden 4 líneas en arreglo N-S y son: Faja 27 (fotografías 27 y 28), Faja 30 (fotografías 11 a 19), Faja 31 (fotografías 25 a 31) y Faja 32 (fotografías 16 a 19). Con estas herramientas se elaboró la fotogeología del área en la que se marcaron los rasgos litológicos y estructurales más notables.

- Elaboración de la base cartográfica de trabajo. El plano topográfico se dibujó con base en las cartas Santa María Tecomavaca (E14D16) y Cuicatlán (E14D17) publicadas por el INEGI a escala 1:50 000 (2001).

- Verificación de campo. Para conocer a detalle el terreno se llevaron a cabo recorridos de campo sobre rutas, seleccionadas a partir de la interpretación de los datos fotogeológicos. También descripciones de afloramientos, muestreos de roca y prospección de fósiles vertebrados. La ubicación topográfica de puntos de verificación se efectuó sobre las fotografías aéreas y con altímetro portátil Tomen; en las últimas campañas se utilizó posicionador satelital GPSmagellan. Para el control de las secciones estratigráficas se empleó brújula Brunton y cinta. Los rasgos geológicos más importantes se ilustran con fotografías. Las campañas de campo se realizaron en 1988 (2), 1990, y 2006.

- Descripción estratigráfica. El manejo de las unidades litoestratigráficas se apega a las disposiciones del Código Estratigráfico Norteamericano (NASC, 2005). Las descripciones petrográficas se basan en los datos de campo y en más de 250 muestras y 45 láminas delgadas. La terminología de colores se basa en Goddard *et al.* (1963). Las rocas sedimentarias se describen siguiendo la clasificación de Folk (1968), Blatt (1992) y Best (1995). Las piroclásticas se basan en Cook (1961) para la textura; Ross y Smith (1961), Smith (1960) y Cas y Wright (1988) para atributos adicionales.

- Cartografía geológica. El plano geológico final, las secciones y figuras se dibujaron con el programa AutoCad. Para elaborar el mapa altimétrico se utilizó el paquete GRASS y para los diagramas de polos y círculos máximos el programa Rockworks.

I.3. Estudios previos

Existe una gran cantidad de artículos técnicos que abordan la geología de Oaxaca, sin embargo, los trabajos publicados que tratan específicamente sobre el área de estudio son escasos: Ordóñez, 1906, describió las rocas del basamento en el Cañón de Tomellín; Barrera, 1946, p. 14-27, Plano 1 a esc. 1:2 000 000, preparó una guía sobre la ruta del ferrocarril; INEGI, 1986, Hoja Oaxaca E14-9, esc. 1:250 000 con texto descriptivo general, cartografía con algunos puntos de verificación; Servicio Geológico Mexicano, 2000, Hoja Oaxaca E14-9, esc. 1:250 000 con resumen, compilación e información minera; Delgado-Argote, 1988, Geología preliminar del Área Cuicatlán-Concepción Pápalo (en el borde oriental de la zona de estudio). Las áreas de referencia más notables se muestran en la Figura 2.

Las estructuras geológicas más notables reconocidas en esta región son: el sistema de fallas relacionado con la depresión, el cual fue designado originalmente "grietas" (*sic*) por Barrera, 1931; y sucesivamente, fallas, mismo autor, 1946; lineamiento transcontinental (Álvarez y Del Río, 1975); Falla Pico de Orizaba-Tehuacán-Oaxaca (Demant, 1978) y Falla Oaxaca (Ortega-Gutiérrez; 1981, 1982). En forma más reciente Alaniz *et al.* (1994) estudiaron los paquetes miloníticos asociados a este sistema estructural y con su evolución.

Otros estudios con enfoque principal hacia la evolución tectónica en la adyacente Sierra de Juárez fueron realizados por Delgado-Argote (1989) y por Barboza-Gudiño (1994), con alcance al Cretácico y Jurásico.

Además de estos trabajos, existen algunos informes y tesis que se refieren a la geología del área; se les menciona a continuación: Espinosa-López, 1972, Estudio geológico del área Tomellín; Sánchez-Martín, 1985, Proyecto Cuicatlán, ambos son Informes Inéditos de PEMEX; Múgica,

1978, Estudio radiométrico de rocas metamórficas del Área Teotitlán-Cuicatlán, informe inédito del IMP; Evaluación del P.H. Santo Domingo, 1987, informe inédito de CFE; Centeno-García, 1989, Evolución Estructural de la Falla Oaxaca, Tesis de Maestría, acompañado de dos mapas a escala 1 100 000, también inédita y recientemente Dávalos-Álvarez, 2006, realizó el estudio Evolución tectónica cenozoica en la porción norte de la Falla Oaxaca y Ángeles-Moreno (2006) describió la Petrografía, geología estructural y geocronología del borde noroccidental del Terreno Cuicateco, que también son Tesis de Maestría.

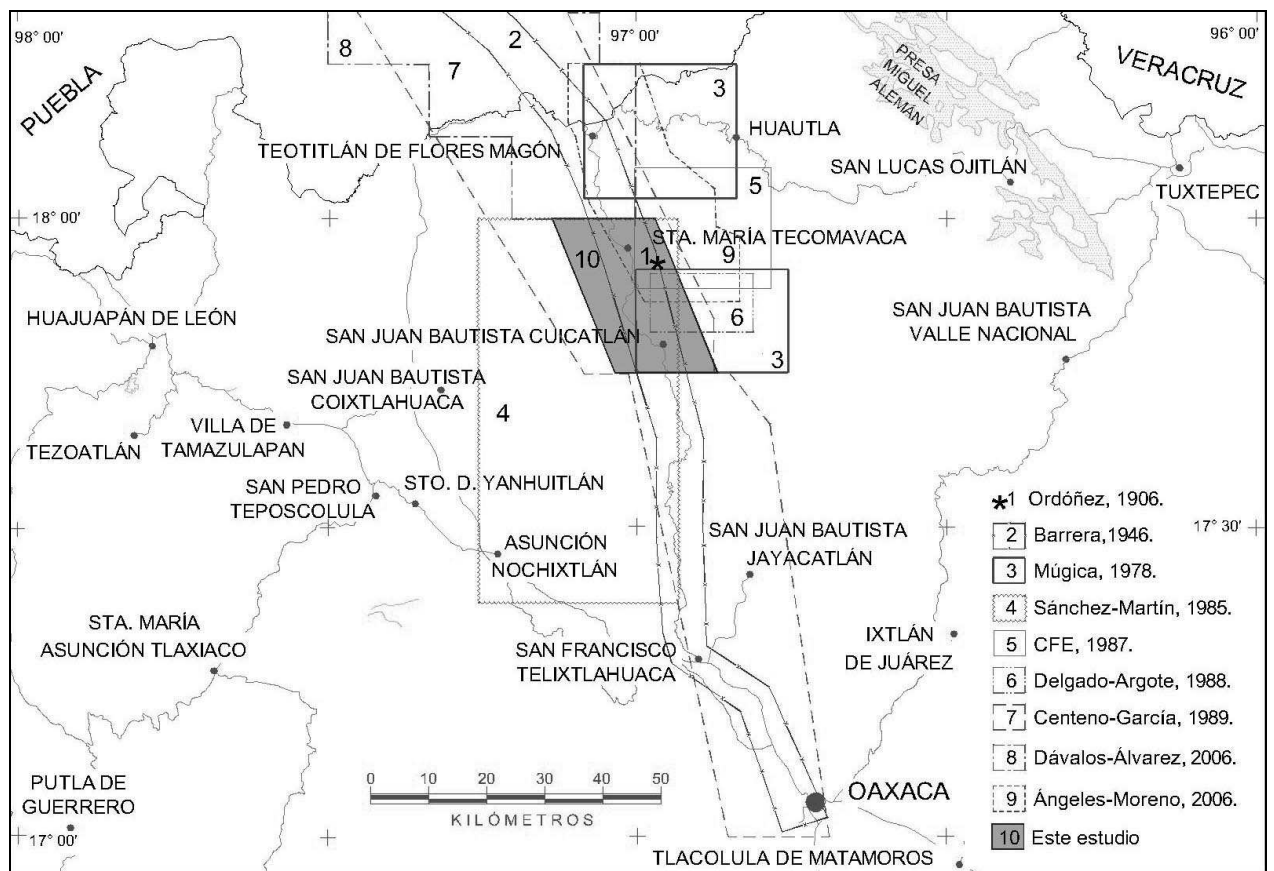


Figura 2. Localización de las áreas cartografiadas estudiadas en la región.

De la revisión de la literatura mencionada se puede concluir que hasta la fecha no existe un trabajo estratigráfico a nivel de detalle del Área Tecomavaca-Cuicatlán, salvo los antecedentes presentados en el informe (inédito) de resultados parciales del Proyecto CONACYT 50992 (Ferrusquía-Villafranca, 1990), que aborda la diferenciación estratigráfica del Terciario continental en los estados de Aguascalientes, Guanajuato, Oaxaca y Chiapas, y en el que, como ya se mencionó en la parte de Objetivos y alcance, se inserta este trabajo.

II. MARCO GEOGRÁFICO

II.1. Localización

Pertenece a la región socioeconómica conocida como La Cañada e incluye parte de los siguientes municipios: Santa María Tecomavaca, Mazatlán Villa de Flores y Santa María Ixcatlán del Distrito de Teotitlán; San Juan Bautista Cuicatlán, Concepción Pápalo, Santos Reyes Pápalo, San Pedro Jocotipac y Valerio Trujano del Distrito de Cuicatlán (Figura 3).

Los principales poblados, señalados de norte a sur, son: Tecomavaca, Quiotepec, Cuicatlán y Valerio Trujano; de menor importancia están Los Obos, San Pedro Chicozapotes y la Estación Tomellín.

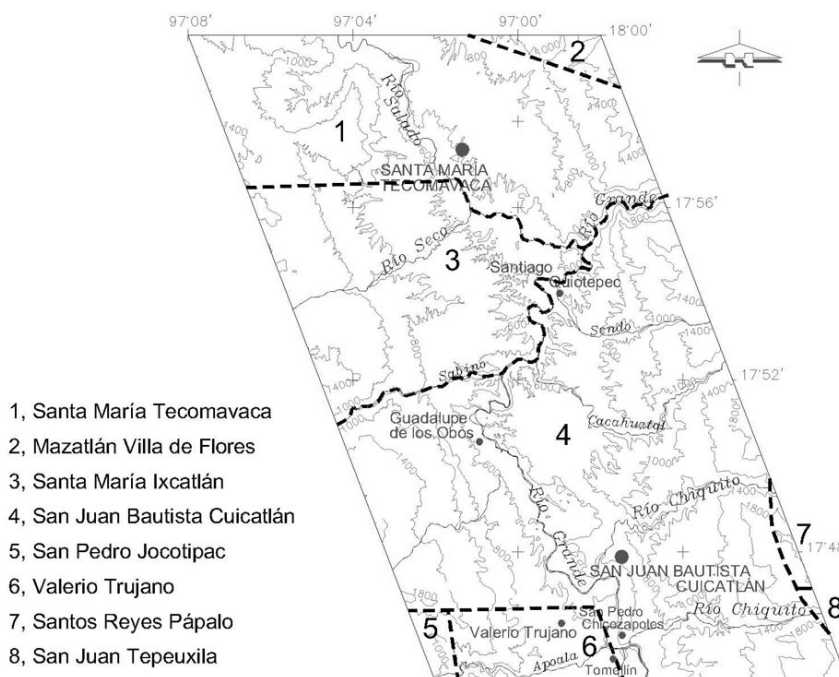


Figura 3. División municipal del área de estudio

II.2. Acceso

La principal ruta de acceso al área es la Carretera Federal 131, que une a las Ciudades de Tehuacán, Pue. y Oaxaca, Oax.; otra ruta, es tomar la autopista a Oaxaca y salir en Miahuatlán, para continuar por la desviación hacia Teotitlán de Flores Magón. Además de las vías de comunicación carreteras se tienen las rutas del ferrocarril Tehuacán-Cuicatlán y Cuicatlán-Oaxaca, así como caminos de terracería, algunos de ellos revestidos con grava, los cuales son transitables

en vehículo automotor casi todo el año (salvo durante la estación de lluvia ya que en algunos de los cruces con los cauces de los ríos, no hay puentes) y que son: Cuicatlán-Quiootepec, Quiootepec-San Juan Chiquihuitlán, Cuicatlán-Concepción Pápalo (actualmente en ampliación), Tecomavaca-Pochotepec, Camino de San Pedro Jocotipac (sale del km 113 de la Carretera), Puente del Río Salado-Valerio Trujano-Estación Tomellín, Valerio Trujano-Ixcatlán (revestido con grava), además del que sale del km 92 hacia Ixcatlán que ya está prácticamente abandonado. También existen numerosas brechas y veredas, entre las que destaca la vereda Cuicatlán-Santos Reyes Pápalo, que enlazan los distintos poblados y sitios de labor.

II.3. Población

El principal poblado es la ciudad de Cuicatlán, que tiene unos 9 200 habitantes y es el centro de la actividad económica de la región; éste es el único que cuenta con hoteles. El abastecimiento de gasolina se puede realizar en el poblado de Los Obos. Los otros poblados mayores no exceden de 3 000 habitantes y en conjunto en toda el área de estudio se estima, en total, unos 16 a 20 000 habitantes.

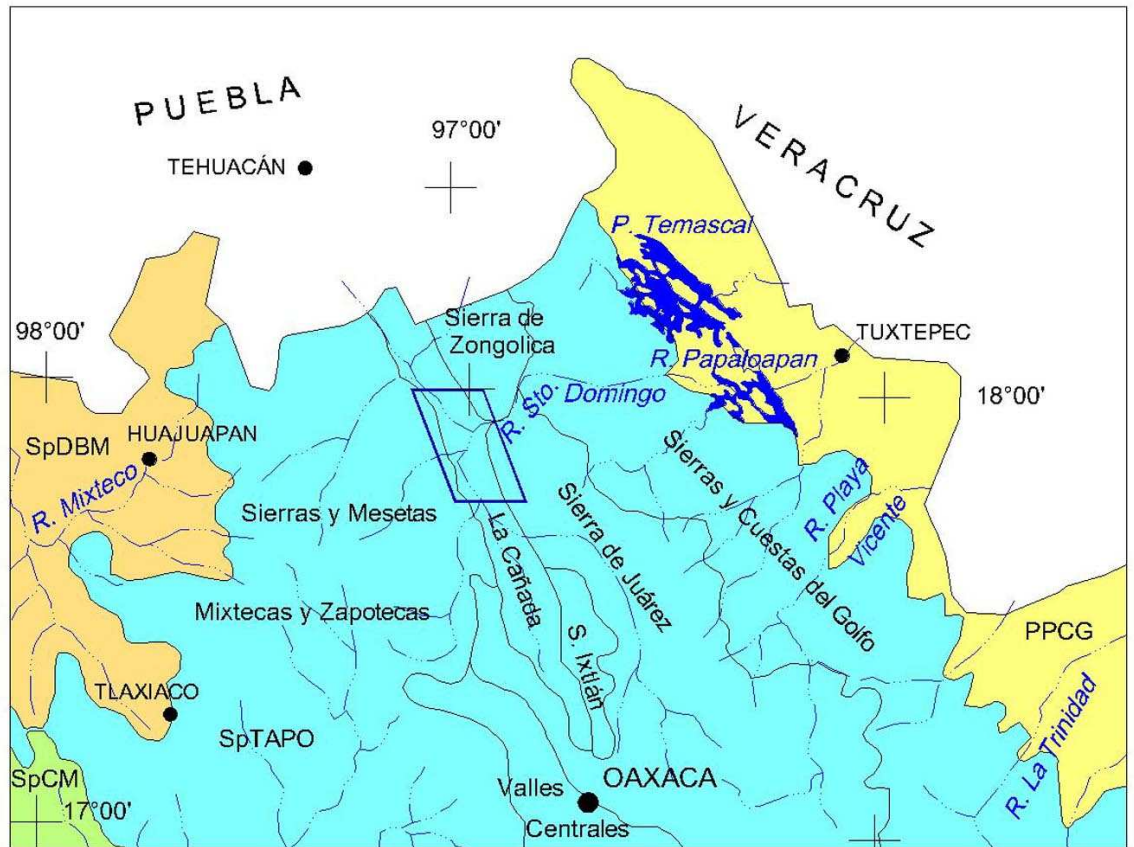
II.4. Rasgos geomorfológicos

La región se encuentra en la Sierra Madre del Sur, la más compleja de las provincias fisiográficas y morfotectónicas de México. La división fisiográfica propuesta por Raisz (1961) se consideró insuficiente para hacer una descripción satisfactoria de la fisiografía y morfotectónica del Estado de Oaxaca, por lo que se adoptó para la región el esquema propuesto por Ferrusquía-Villafranca (2001), con ligeras modificaciones, que subdivide el territorio de forma más detallada y acorde con la constitución geológica del terreno en unidades fisiográficas con mayor representatividad y objetividad (Figura 4).

De acuerdo con lo anterior, la zona de estudio se ubica en la porción media de la Infraprovincia Depresión Tehuacán-Cuicatlán-Jayacatlán, perteneciente a la Subprovincia de Las Tierras Altas de Oaxaca y Puebla. A esta depresión se le conoce en el Estado de Oaxaca como La Cañada, la cual está limitada al occidente por las sierras y mesetas Mixtecas y Zapotecas, al Norte por La Faja Volcánica Trans-Mexicana, al Oriente por las sierras de Zongolica y de Juárez, hacia el sureste por la Sierra de Ixtlán y hacia el Sur y suroeste por Los Valles Centrales.

La zona de interés incluye además de la depresión, parte de las sierras asociadas, al poniente se presentan las Sierras Mixtecas, mientras hacia el oriente, uno de los rasgos más

importantes está representado por el Cañón de Tecomavaca, labrado por el Río Santo Domingo, y que divide la Sierra de Zongolica (hacia el noreste) de la Sierra de Juárez (hacia el sureste).



Provincia Sierra Madre del Sur

SpDBM, Subprovincia Depresión Balsas-Mexcala

SpCM, Subprovincia Cuestas Meridionales

SpTAPO, Subprovincia Tierras Altas de Puebla-Oaxaca

PPCG, Provincia Planicie Costera del Golfo



ÁREA TECOMAVACA - CUICATLÁN

0 km 100

Escala gráfica aproximada

Figura 4. Subprovincias Morfotectónicas de la Sierra Madre del Sur reconocibles en la porción septentrional del Estado de Oaxaca (Modificado de Ferrusquía-Villafranca, 2001)

La depresión tiene un relieve muy suave, con forma de franja angosta, con amplitud de 6 a 8 km y orientación predominante NNW-SSE; en el sector localizado en la zona de estudio su longitud alcanza más de 30 km. En la porción central, que coincide en gran medida con la porción del valle junto al cauce del Río Grande, se encuentran las partes más bajas, con una altitud de 550 a 600 msnm (Figura 5).

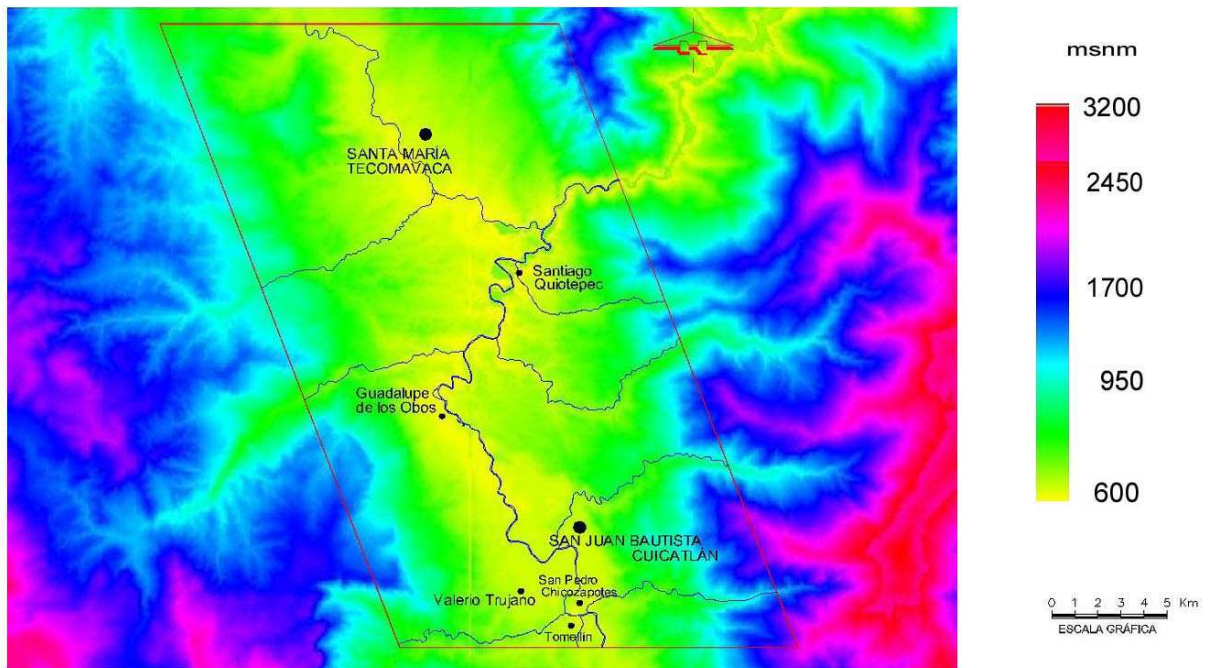


Figura 5. Mapa hipsométrico del área de estudio

Las zonas externas de la depresión bordean a las anteriores, donde la altura aumenta suavemente de los 600 a los 800 msnm. En la porción septentrional las pendientes promedio tienen de 5 a 6° en el lado occidental y de 4 a 14° en el lado oriental mientras que, en la porción meridional, las pendientes promedio son de 10° en el lado occidental y de 19° en el oriental.

Al poniente, arriba de los 800 msnm, la pendiente cambia fuertemente, representando las estribaciones de las Sierras Mixtecas, en promedio varía de 22 a 32°, aunque en la parte noroccidental el cambio es más suave, el relieve es fuerte con escalones que tienen cimas subhorizontales y con algunas paredes verticales. En la zona de interés, estas sierras alcanzan un poco más de 1600 msnm y están integradas por montañas constituidas por calizas suavemente plegadas.

Al noreste, también arriba de los 800 msnm, se tienen cambios en la pendiente ya que, en promedio, inicia los 14° y después es de 24°, en el relieve irregular, fuertemente escarpado de la Sierra de Zongolica, cuya altura alcanza los 1600 msnm en el área de estudio; en ésta se tienen montañas complejas formadas por rocas cristalinas.

Finalmente, al sureste, el relieve está representado inicialmente por sierras bajas labradas en forma de “castillo” y en forma ascendente se tienen pendientes entre 20 y 25°, éstas últimas

constituyen el inicio de la Sierra de Juárez y en el área alcanzan una altitud de 2200 msnm. Estas montañas también son de tipo complejo.

II.5. Rasgos hidrográficos

Las corrientes principales en el área de estudio son los ríos Salado y el Grande, tienen agua todo el año. El primero tiene un curso predominante noroeste-sureste, está alimentado por varios afluentes y drena el Valle de Tehuacán-Teotitlán del Camino. El segundo también tiene orientación noroeste-sureste, pero su curso corre en sentido contrario al anterior, hacia el poblado Los Obos, después de cual cambia su rumbo hacia el noreste, hasta la localidad denominada Quiotepec y, aproximadamente a 2 km al noreste de esta población, se une al Río Salado. Además de los ríos antes citados, de la unión de éstos, se tiene el Río Santo Domingo, el cual labró el Cañón de Tecomavaca, que separa a las sierras de Zongolica y de Juárez y que drena hacia el Golfo de México, en donde forma parte de la cuenca del Papaloapan.

Ya que el Río Grande fluye en dirección contraria a la del Salado, y como es la misma que tiene el Santo Domingo, se estima que el primero capturó al Salado, el cual tiene numerosos afluentes y drena los valles de Tecomavaca y de Quiotepec. El Río Grande tiene más y mayores meandros que el Salado y sigue dos alineamientos principales. De acuerdo con la clasificación de Schumm (1981), su patrón de acarreo de sedimentos es intermedio y corresponde a un canal de carga mezclada, ancho en las curvas y angosto en los cursos rectos. Los afluentes occidentales de ambos ríos son de tipo paralelo, sensiblemente perpendicular a la dirección de las Sierras Mixtecas, en cambio los afluentes orientales son característicamente dendríticos. Esto evidencia la constitución geológica diferente de ambas sierras.

II.6. Clima

De acuerdo con la Carta Climática México (INEGI, 1987), que se basa en la clasificación de Köppen, modificada por Enriqueta García, en la mayor parte del área de estudio domina el Clima $BS_1(h')w(w)$ (Figura 6) e incluye la parte central de la depresión; los límites de esta zona climática, se encuentran aproximadamente en los 1000 msnm, excepto en la porción noreste, en donde no pasan de una altura de 800 msnm. Pertenece al grupo de climas secos, en particular corresponde al subtipo semisecos muy cálidos y cálidos, con lluvias en verano y escasas a lo largo del año, la temperatura media anual es superior a los 22°C y la precipitación invernal menor de 5%.

El clima es menos cálido hacia las montañas que bordean a la depresión, el clima $BS_1hw(w)$ aproximadamente asciende hasta los 1400 msnm, corresponde a los subtipos semisecos

semicálidos, sus características son similares al clima anterior, pero presenta invierno fresco. En la zona de la Sierra de Zongolica se presenta el clima $Aw_1(w)$, pertenece al grupo de climas cálidos, subgrupo semicálidos, tipo subhúmedo con lluvias en verano, con precipitación del mes más seco menor de 60 mm y lluvia invernal menor de 5%. En la porción suroeste, sobre las Sierras Mixtecas, se presenta el clima $BS_1 kw(w)$, pertenece a los subtipos semisecos templados, con lluvias en verano, lluvia invernal menor de 5% y verano cálido. En la Sierra de Juárez, al sureste, se presentan los climas $(A)Cw_1(w)$, que pertenece al subgrupo de climas semicálidos, con lluvias en verano, humedad media, precipitación del mes más seco menor de 60 mm y lluvia invernal menor de 5%; y $C(w_1)w$, el cual pertenece a los tipos templados subhúmedos, con lluvias en verano, humedad media, precipitación del mes más seco menor de 40 mm y precipitación invernal menor de 5%.

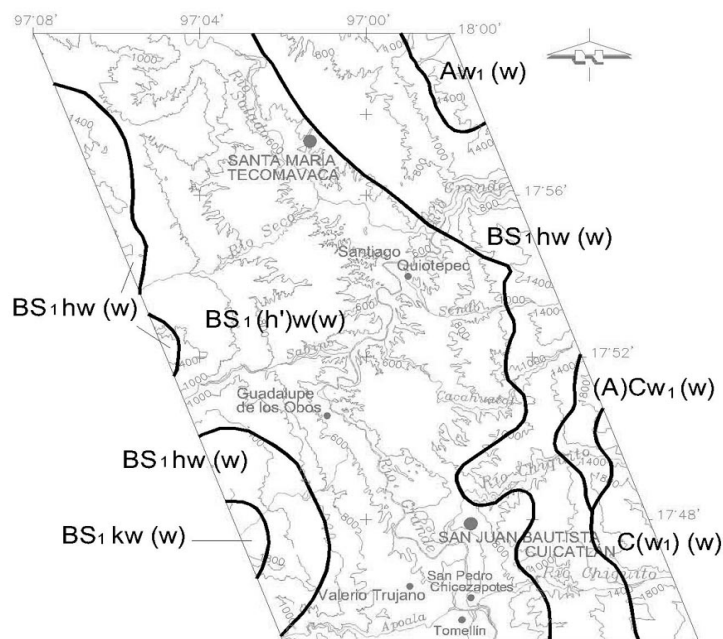


Figura 6. Zonificación climática del área de estudio

II.7. Vegetación y fauna

La vegetación natural (Figura 7) ha sido drásticamente alterada por la actividad agrícola, especialmente en el valle. En la Carta de Uso del Suelo y Vegetación México (INEGI, 1987), supuestamente el tipo de vegetación dominante es la Selva Baja Caducifolia en la depresión y Bosque de Pino y Mixto de Pino-Encino en las montañas aledañas, sin embargo, al inicio de los 90's el primer tipo estaba prácticamente reemplazado por vegetación de cultivos y el segundo mostraba extensas áreas taladas y cultivadas. Sin embargo, esta región se está recuperando

gracias a los programas de reforestación inducidos a raíz de que se declaró la zona Reserva de la biosfera Tehuacán-Cuicatlán, la cual incluye unas 3 000 especies de plantas vasculares y de ellas se estima que un 30% son endémicas.

Consecuentemente, la fauna vertebrada nativa también se está recuperando; aparentemente no existen registros recientes de mamíferos de talla grande, por lo que la mastofauna está formada principalmente por roedores, lagomorfos y quirópteros. La avifauna es más diversificada, e incluye especies frugívoras, granívoras e insectívoras, así como depredadoras. La herpetofauna e ictiofauna muestran una modesta diversidad. Por otro lado, la entomofauna aunque de mayor diversidad taxonómica que la vertebradofauna, tiene en comparación con faunas de áreas equiparables en el Sureste de México, una diversidad modesta. También la fauna muestra un número importante de especies endémicas.

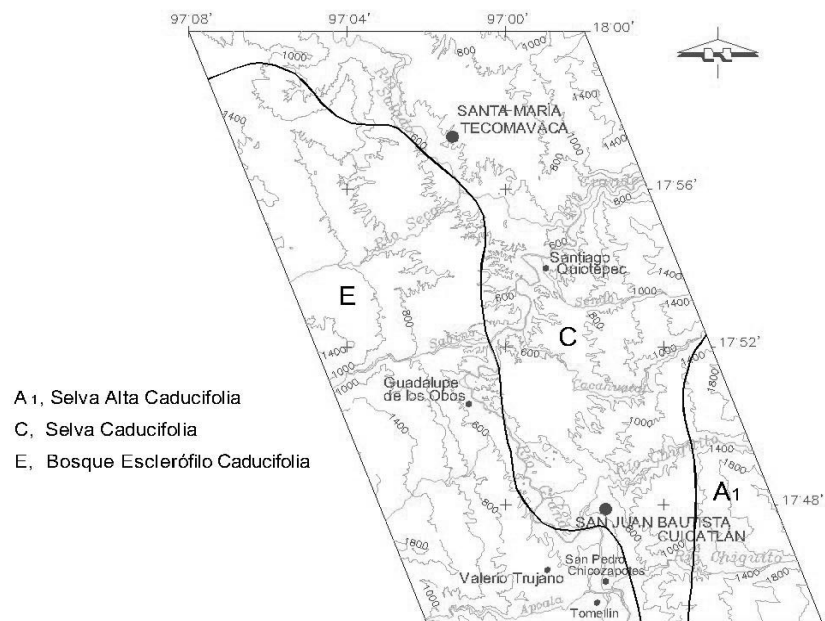


Figura 7. Zonificación de la vegetación natural en el área de estudio.

III. ESTRATIGRAFÍA

Ya que el objetivo del trabajo se enfoca a la descripción de las unidades litoestratigráficas del Cenozoico, las rocas con edades anteriores se agrupan de manera convencional. La secuencia cenozoica descansa discordantemente sobre cuerpos de rocas cristalinas o sedimentarias marinas; el conjunto de estas unidades se manejó aquí como Basamento Pre-Cenozoico. Sus afloramientos cubren cerca del 30-35% del área, se presenta en las montañas que forman los bordes de la depresión y su constitución geológica es diferente a ambos lados de ésta (Figura 8). A continuación se describen en forma breve las unidades que conforman al Basamento Pre-Cenozoico.

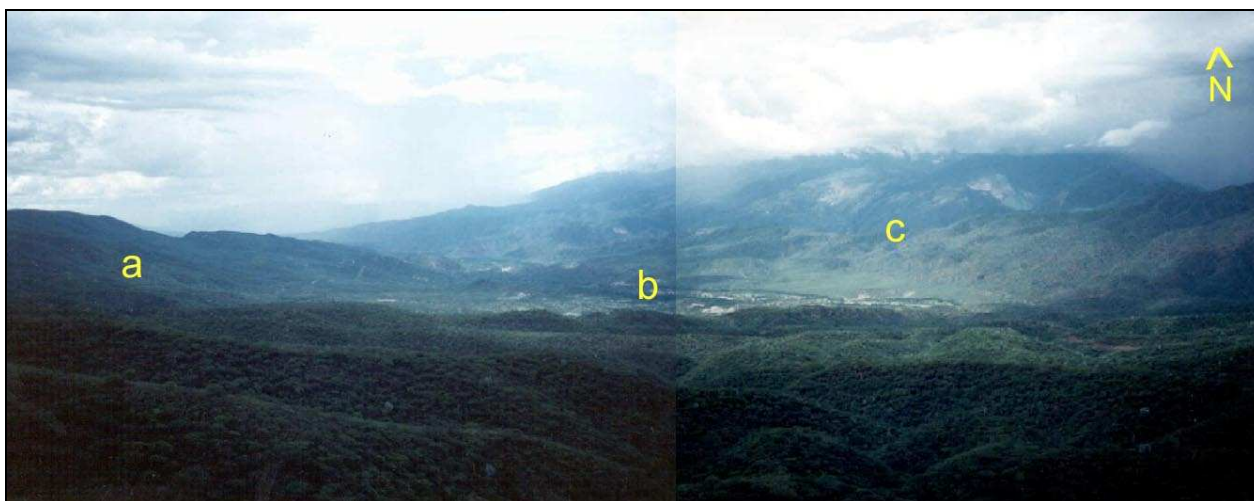


Figura 8. Vista del Valle de Cuicatlán, desde el sur; en la porción izquierda están las rocas calcáreas cretácicas (a) las cuales forman cerros con cimas de relieve suave; en la porción central las unidades cenozoicas (b) y al fondo las sierras complejas formadas principalmente por rocas metamórficas (c).

III.1. Complejo Metamórfico

Está constituido por un conjunto de unidades de rocas metamórficas de composición y estructura variable (Plano 1 y Figuras 9 y 10), que forman las sierras de Zongolica y de Juárez en la porción oriental; éstas tienen las mayores alturas de la región (Figura 11). En la mayor parte de la porción septentrional se encuentran en el rango de altura de 800 a 1800 msnm y generalmente a más de 1200 m en la porción meridional, donde forman una “banda” continua en el lado oriental, con un ancho de 2,5 a 4 km.

Las litologías más frecuentes son: esquistos y gneises cuarzofeldespáticos, con mica, en ocasiones con textura milonítica; roca verde y serpentinita, que representan muy probablemente meta-basaltos o meta-andesitas.

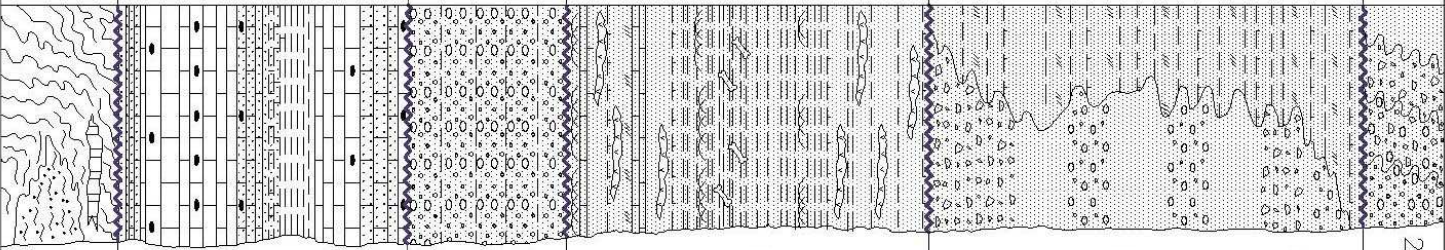
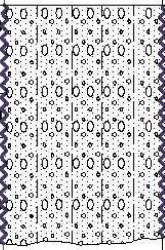
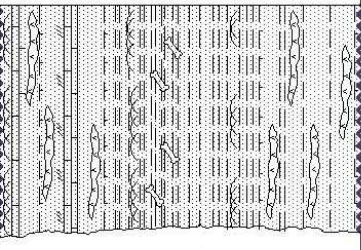
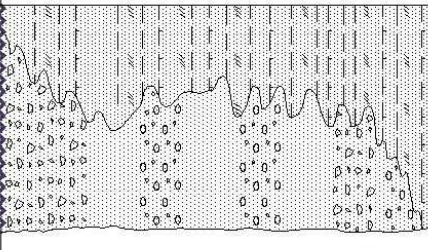

? MESO -ZOICO TEMP.	MESOZOICO	C E N O Z O I C O			ERA
	CRETÁCICO	T E R C I A R I O			PERIODO
	? MEDIO Y TARDÍO	PREMIOCENO	MIOCENO MEDIO	POST MIOCENO MEDIO	EPOCA
					
	750	200	500	600	500
	Secuencia Calcárea Cretácica	Conglomerado Río Seco	Miembro Limoso Fosilífero Miembro Tobáceo	Formación Cuicatlán Miembro Brechoso Miembro Conglomerático	Suelo; Coluvión; Aluvión; Conglomerado polymictico
	Complejo Metamórfico (Dominan el esquistos cuarzofaldespático y la roca verde)				

Figura 9. Columna litostratigráfica del Área Tecomavaca-Cuicatlán, Oaxaca.

EDAD \ ÁREA		TEHUACÁN	TECOMAVACA -CUICATLÁN	TLACOLULA-MITLA -MATATLÁN	
T E R C I A R I O	Q	Q	Q CONG. POLIMÍCTICO	Q	
		FM. MESA			
	PLIO	TAR			
		MED			UN. L. INF. CONGL.
		TEMP			
	MIOCENO	TAR		FIL. QUIOTÉPEC	
		MED		FM. CUICATLÁN	FM. MATATLÁN
		TEMP		FM. TOMELLÍN	UAP & TOBA MITLA
	OLIGOCENO	TAR			
		MED	FM. TEHUACÁN		
		TEMP			
	EOCENO	TAR			
		MED			
		TEMP		CONGLOMERADO RÍO SECO	
	PALEOCENO	TAR			
		MED			
		TEMP			
	CRETÁCICO	TAR	CALIZA CIPIACA	SECUENCIA CALCÁREA CRETÁCICA	SUBUNIDAD CENOMANIANA
		MED	FM. MIA.		
		TEMP	FM. ZAPOTITLÁN		SUBUNIDAD APTIANA
JURÁSICO	TAR		COMPLEJO METAMÓRFICO		
	MED				
	TEMP				

Figura 10. Tabla de correlación de unidades litoestratigráficas con áreas contiguas al Área Tecomavaca -Cuicatlán, Estado de Oaxaca. Área Tehuacán: Calderón-García (1956), Brunet (1967), Buitrón-Sánchez y Barceló-Duarte (1980), a: Formación Agua del Cordero, b: Formación Agua del Burro, c: Formación San Juan Raya, FM. MIA: Formación Miahuatlán; Área Tlacolula-Mitla-Matatlán: Ferrusquía-Villafranca (1990), UN.L.INF.CONGL.:Unidad Litoestratigráfica Informal Conglomerática, UAP: Unidad Informal Afanítico Porfírica.

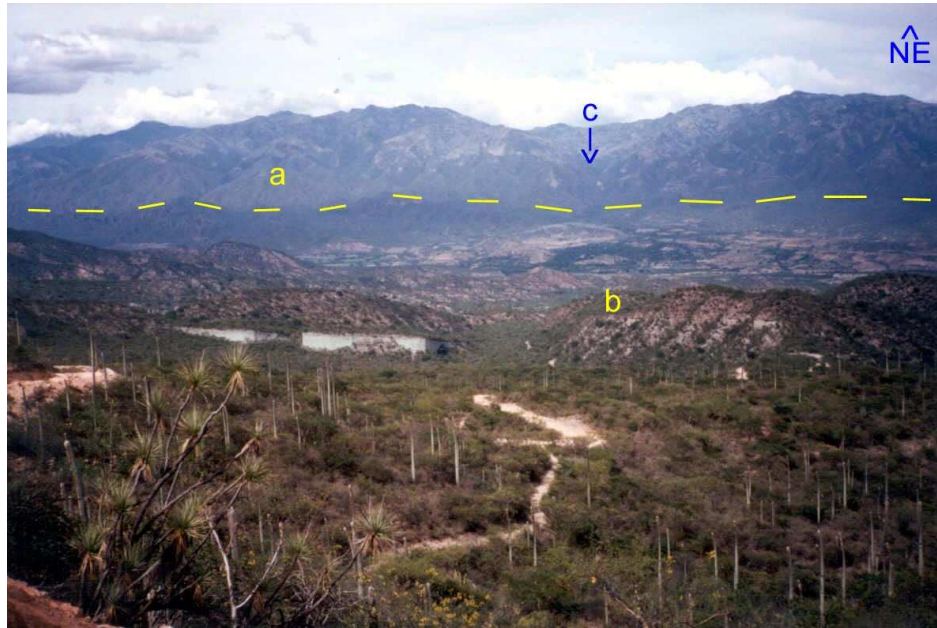


Figura 11. Panorámica de las sierras que limitan la depresión al oriente; están constituidas por el Complejo Metamórfico (a), en la depresión se encuentran las unidades cenozoicas (b). Al fondo, en el centro se observa el cañón de Tomellín (c), que divide las sierras de Zongolica (izquierda) de la de Juárez (derecha).

De acuerdo con la interpretación tectónica, la zona de milonitas se relaciona con el fallamiento inverso hacia el Este, y representa el contacto entre rocas del Complejo Oaxaqueño, del Precámbrico con los complejos ultramáficos y sedimentarios mesozoicos que forman la Sierra de Juárez (Alaníz-Álvarez *et al.*, 1996).

Petrográficamente (muestras FV88-401, FV88-412, FV88-424 y FV90-207), consiste en esquistos o gneises cuarzofeldespáticos de clorita-epidota, de color gris a verde claro, de textura grano-porfiroblástica, afectado por cataclasis y con facies de esquistos verde.

Los datos de foliación obtenidos en los caminos Tecomavaca-Pochotepec, Quiotepec-Concepción Pápalo, Cuicatlán-Santos Reyes Pápalo y Cuicatlán-Tutepetongo (Figura 12), indican inclinaciones variables con ligero predominio hacia el W, es decir dirigidas hacia la depresión, en estructura isoclinal y aparentemente, conforman plegamientos abiertos asimétricos con ejes principalmente en dirección N-S.

Las relaciones estratigráficas del Complejo Metamórfico en el área ocurren mediante zonas de fallas con las brechas de la Formación Cuicatlán, así como areniscas y limolitas de la Formación Quiotepec (nombres nuevos, propuestos en este trabajo), unidades superiores de la

secuencia cenozoica; sin embargo, fuera del área, alrededor del km 76,4 de la carretera (unos 300 m al sur de Los Cues), se puede apreciar que estas brechas cubren discordantemente al Complejo Metamórfico. También fuera del área, por ejemplo hacia San Juan Tepeuxila (unos 15 km al SE de Cuicatlán), el Complejo está discordantemente cubierto por unidades calcáreas cretácicas; la misma relación se observa al oriente, fuera del área cartografiada, en el camino Quiotepec-Chiquihuitlán, unos 6 km al E de la última población, aunque aquí las relaciones se ven complicadas por fallas inversas que ponen en contacto al Complejo Metamórfico con las unidades calcáreas cretácicas.

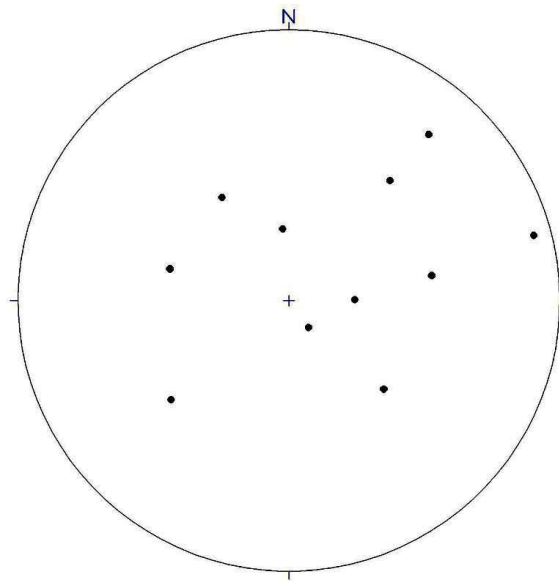


Figura 12. Diagrama Pi, hemisferio inferior, de la foliación en el Complejo Metamórfico.

La edad de este complejo estuvo en discusión por mucho tiempo. En la Hoja Oaxaca E14-9; escala 1:250 000 del INEGI (1986), se considera de edad mesozoica, con base en el resumen de un trabajo realizado en el área del Río Santo Domingo (Charleston, 1980), donde se dice que la unidad de esquistos cubre discordantemente a rocas continentales supuestamente triásico-jurásicas. Por otro lado, en la Carta Geológica de México (Comité de la Carta Geológica de México, 1976, 1992) se consideró a esta unidad paleozoica. En la porción oriental de estas sierras, Carfantan (1981) reportó una edad de 233 ± 12 Ma determinada por K-Ar en roca total, en esquistos de cuarzo-muscovita-albita de facies de esquistos verdes. Sin embargo, de acuerdo con Alaníz-Álvarez *et al.* (1994), en este complejo hay dos eventos de milonitización, el último de los cuales ocurrió hace aproximadamente 165 Ma, con apoyo en análisis radiométricos U-Pb en zircón y monacita, y $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en moscovita.

A continuación se presentan los estudios petrográficos de esta unidad:

Estudios petrográficos de muestras del Complejo Metamórfico

Muestra: FV88-401

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Camino al noreste de Tecomavaca.
Coordenadas 96° 59' 55" W - 17° 58' 27" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color gris a verde, masiva, bien compactada, foliada.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: *Grayish green* (10GY ⁵/₂)

Estructura y textura: Foliada, de grano grueso con manchas de óxido.

Minerales observables: Cuarzo y feldespato.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Granoblástica-cataclástica

Mineralogía:

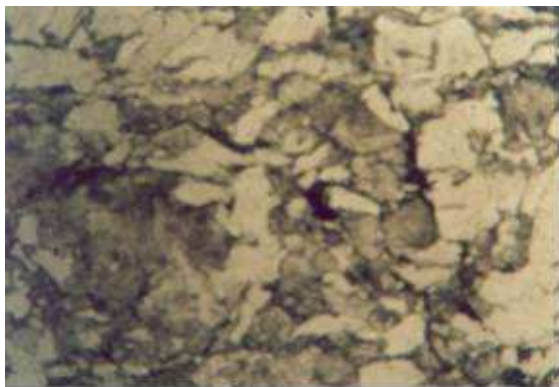
a) Minerales esenciales: Cuarzo
Feldespatos

b) Minerales accesorios:

c) Minerales secundarios:

d) Matriz o cementante:

e) Caracteres especiales: La roca tiene un metamorfismo en facies de esquistos verdes asociado a una cataclasis posterior. Es probable que esta roca corresponda a un gneis cuarzofeldespático afectado por cataclasis.



Luz natural, objetivo 2,5X.

Tamaño original de la micrografía 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 2,5X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Metamórfica de un protolito formado por gneis cuarzofeldespático, o roca granodiorítica.

V.- CLASIFICACIÓN MILONITA

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV88-412

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Camino Quiotepec a Concepción Pápalo
Coordenadas 96° 57' 39" W - 17° 54' 12" N.

Descripción del afloramiento: Clasto granoblástico, de color verde, englobado en una roca de color pardo a rojo, de estructura masiva, compacta y textura muy gruesa.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: *Light olive gray* (5Y 6/1)

Estructura y textura: Foliación burda.

Minerales observables: Feldespato, cuarzo, clorita y epidota.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Grano-porfiroblástica.

Mineralogía:

a) Minerales esenciales: Cuarzo
Albita
Plagioclasa

c) Minerales secundarios: Calcita
Ilmenita (?)
Leucoxeno
Clorita
Sericita

b) Minerales accesorios: Clorita metamórfica
Epidota
Circón
Apatito

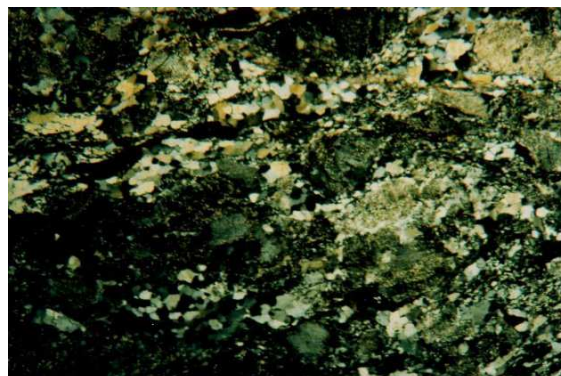
d) Matriz o cementante:

e) Caracteres especiales: La roca tiene un metamorfismo en facies de esquisto verde asociado a una cataclasis posterior. Es probable que esta roca corresponda a un gneis cuarzofeldespático afectado por cataclasis y remetamorfoseado a esquisto verde.



Luz natural, objetivo 2,5X.

Tamaño original de la micrografía 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 2,5X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Metamórfica de un protolito formado por gneis cuarzofeldespático, o roca clástica conglomerática generada por erosión de rocas metamórficas.

V.- CLASIFICACIÓN ESQUISTO CUARZOFELDESPÁTICO DE CLORITA-EPIDOTA

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Mariano Elías Herrera

Muestra: FV88-424

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Camino La Tijera a Santos Reyes Pápalo.

Coordenadas 96° 55' 35" W - 17° 50' 12" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color café claro a amarillo, masiva y foliada.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: Fresco: *Grayish orange pink* (5YR ⁷/₂); Intemperización: *Dark yellowish orange* (10YR ⁶/₆).

Estructura y textura: Foliada, de grano grueso.

Minerales observables: Feldespato, cuarzo, clorita y epidota.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Grano-porfiroblástica.

Mineralogía:

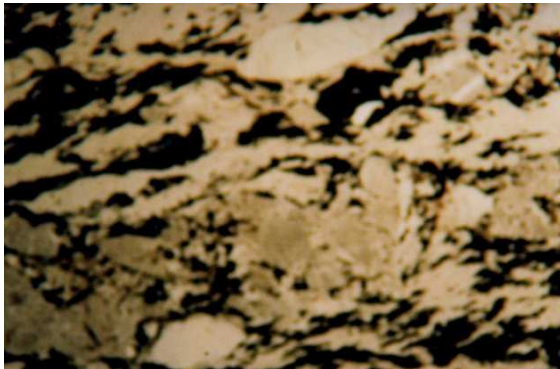
a) Minerales esenciales: Cuarzo
Feldespato

c) Minerales secundarios: Sericita
Óxidos de hierro

b) Minerales accesorios:

d) Matriz o cementante:

e) Caracteres especiales: La roca tiene un metamorfismo en facies de esquistos verdes asociado a una cataclisis posterior. Esta roca está afectada por fuerte alteración sericitica y fuertemente oxidada.



Luz natural, objetivo 2,5X.
Tamaño original de la micrografía 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados natural, objetivo 2,5X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Metamórfica de un protolito formado por gneis cuarzofeldespático, o roca clástica conglomerática generada por erosión de rocas metamórficas.

V.- CLASIFICACIÓN ESQUISTO CUARZOFELDESPÁTICO SERICITIZADO Y HEMATIZADO

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV90-207b

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Camino a Concepción Pápalo.
Coordenadas 96° 55' 35" W - 17° 50' 33" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color verde a gris claro, bandeada, de estructura foliada, compacta y de textura gruesa.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: *Light olive gray* (5Y 6/1)

Estructura y textura: Masiva bandeada, foliación delgada.

Minerales observables: Cuarzo, feldespatos y biotita.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Porfiroblástica de grano medio

Mineralogía:

a) Minerales esenciales: Cuarzo deformado
Plagioclasas

b) Minerales accesorios: Tremolita
Actinolita

c) Minerales secundarios: Clorita, epidota
Clorita, Leucoxeno

d) Matriz o cementante:

e) Caracteres especiales: La roca presenta un metamorfismo en facies de esquistos verde asociado a una cataclasis posterior. Probablemente esta roca correspondió a un gneis cuarzofeldespático remetamorfoseado a esquistos verde.



Luz natural, objetivo 2,5X.

Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 2,5X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Metamórfica de un protolito formado por gneis cuarzofeldespático, o roca clástica conglomerática generada por erosión de rocas metamórficas.

V.- CLASIFICACIÓN ESQUISTO CUARZOFELDESPÁTICO

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

III.2. Secuencia Calcárea Cretácica

Se designa aquí al conjunto de unidades predominantemente calcáreas, moderadamente deformadas, de edad cretácica, que forman en el área la parte oriental de las Sierras Mixtecas (Plano 1). Estas sierras se presentan aquí en altitudes de 1000 a 1800 msnm y conforman una franja continua de noroeste a sureste, de unos 2,5 a 4 km de ancho, que presentan un relieve fuerte, con pendientes del orden de los 35° (Figura 13). En conjunto, la Secuencia Calcárea Cretácica tiene afloramientos en un 12 al 15% del total del área. Su espesor expuesto es de por lo menos 300 m, pero por geometría se estima en el orden de 750 m. Hacia el Noreste, en Cueyamecalco, a unos 15 km fuera del área, CFE (1987) reporta rocas que parecen tener semejanza litológica con la secuencia.

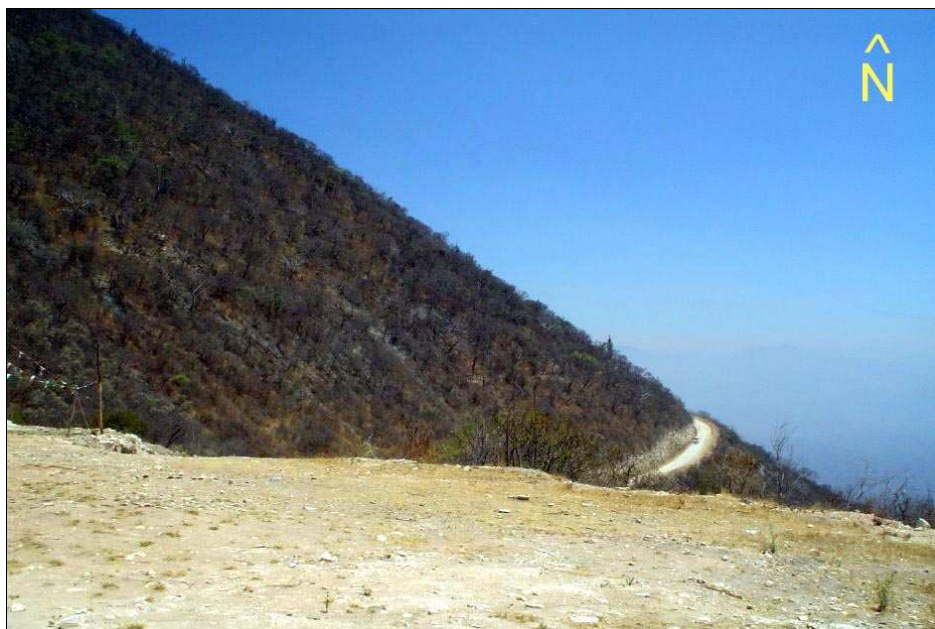


Figura 13. Sierra constituida por rocas de la Secuencia Calcárea Cretácica, en la porción occidental del área, sobre el camino hacia Ixcatlán.

Los cuerpos litoestratigráficos que componen esta secuencia, están constituidos principalmente por biomicritas (muestras FV88-460, FV88-463 y FV90-203) de color gris a gris claro que intemperiza a crema, están dispuestas en estratos con espesor que varía de 3 a 15 cm (Figura 14) y ocasionalmente mediano a grueso; presenta además intercaladas, algunas bandas y nódulos de pedernal. Otra variedad litológica incluye biomicruditas margosas, de color gris verdoso, dispuestas en estratos delgados; se encuentran también lutitas de color gris claro, calizas arenosas de color gris a amarillo (muestra FV88-128D) y algunas calcarenitas o calciruditas de color blanco (muestra FV88-127A). Las micritas contienen foraminíferos planctónicos poco

abundantes, foraminíferos y miliólidos. El ambiente de depósito inferido corresponde a un mar somero a moderadamente profundo, probablemente tropical.



Figura 14. Afloramiento de calizas micríticas delgadas con lentes de pedernal, porción suroccidental del área. El mango del martillo tiene longitud de 33 cm.

El contacto inferior de esta secuencia no aflora en la zona cartografiada; fuera de ella, hacia el suroeste, en el área de la Estación Almoloya (unos 25 km al sur-suroeste de Cuicatlán), la secuencia cubre discordantemente a una extensión septentrional del Complejo Oaxaca (Alencaster *et al.*, 1984; González Alvarado, 1970). El contacto superior de la Secuencia Cretácica en el área es discordante angular con el Conglomerado Río Seco (nombre nuevo, este estudio), una de las unidades basales de la secuencia cenozoica (ver Figura 48 en página 129), o con secuencias clásticas limosas de la Formación Tomellín (nombre nuevo, este estudio) del Cenozoico Medio. La secuencia se presenta en estratos horizontales (Figuras 15 y 16), en ocasiones hay plegamiento muy suave en dirección E-W.

La edad de la secuencia es cretácica, como lo indica fauna de foraminíferos que incluye entre otros, *Orbitolina sp.* y al miliólido *Nummuloculina heimi*. No se diferenciaron en la cartografía ni en forma geocronológica a los cuerpos de roca que constituyen a esta secuencia, por no ser éste el objetivo del estudio. Por ello, a pesar de su cercanía y semejanza litológica con la Caliza Teposcolula del Cretácico Medio (Salas, 1949; Ferrusquía-Villafranca, 1976) y dado que no existe continuidad entre ellas, no se puede demostrar identidad de ambos cuerpos.

Esto también ocurre con otras unidades calcáreas de áreas próximas. Por lo anterior, no se considera necesario discutir la posible correlación estratigráfica de esta secuencia con las

unidades formales e informales que se han reconocido en la región septentrional de Oaxaca, como la ya mencionada y la Formación Yucunama del Cretácico Tardío (Ferrusquía-Villafranca, *op. cit.*) entre las primeras y Formación Jaltepetongo del Cretácico Temprano (González-Alvarado, 1970; Alencáster *et al.*, 1984), Caliza Yuxé del Cretácico Medio (González-Alvarado, *op. cit.*), y formaciones Orizaba, Maltrata y Guzmantla del Cretácico Tardío (Böse, 1899; Viniegra, 1965; Sánchez-Martín, 1985). En el último caso, el grado de incertidumbre es mayor al emplear la nomenclatura de la Sierra de Zongolica (Puebla y Veracruz) en Oaxaca (Sánchez-Martín, 1985), por la discontinuidad geográfica que existe, y la falta de similitud litológica, tomando en cuenta que la semejanza de foraminíferos, no es criterio de identidad formacional (NACSN, 1983, Art. 49).



Figura 15. Capas horizontales de la Secuencia Calcárea Cretácica, en el cauce del Río Seco, noroeste de la zona de interés.

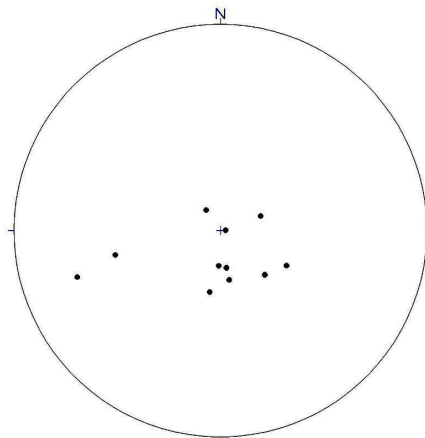


Figura 16. Diagrama Pi, hemisferio inferior, de estratificación en rocas de la Secuencia Calcárea Cretácica.

A continuación se presentan los estudios petrográficos de esta unidad:

Estudios petrográficos de muestras de la Secuencia Calcárea Cretácica

Muestra: FV88-127a

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Km 145 de la Carretera (Mirador), al sur del área
Coordenadas 96° 56' 00" W - 17° 36' 21" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color blanco, en estructura masiva, compacta y de grano grueso, en estratos medianos.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: White (N9)

Estructura y textura: No clástica, gruesa, estratificación masiva.

Minerales observables: Micrita y clásticos.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: No clástica

Mineralogía:

a) Minerales esenciales: Micrita

Biógenos

Intraclastos

Pelets

b) Minerales accesorios: Cuarzo

Líticos calcáreos

Plagioclasa

Máficos

c) Minerales secundarios:

d) Matriz o cementante:

e) Caracteres especiales: La roca está formada por lodo calcáreo, con algunos fragmentos de fósiles, algo deformados, principalmente globigerínidos y equinodermos. Contiene escasos fragmentos clásticos, de cristales de cuarzo equigranulares y algunos tabulares, angulosos, con tamaño de 0,3 a 1 mm; así como de líticos, son de forma equigranular predominante, subangulosos, con tamaño de 0,3 a 1,5 mm. Algunos fragmentos con recristalización.



Luz natural, objetivo 2,5X.

Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 2,5X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Química depositada en un medio acuoso marino próximo a una zona de plataforma externa.

V.- CLASIFICACIÓN CALCIRUDITA

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV88-128d

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Km 145 de la Carretera . al sur del área
Coordenadas 96° 55' 54" W - 17° 36' 21" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color amarillo a gris claro, de estructura laminar, medianamente compacta, de grano fino, de aspecto margoso, en estratos laminares. Muestra pistas de gusanos.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: Yellowish gray (5Y⁸/1)

Estructura y textura: No clástica y clástica, estratificación laminar.

Minerales observables: Micrita y minerales arcillosos.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: No clástica

Mineralogía:

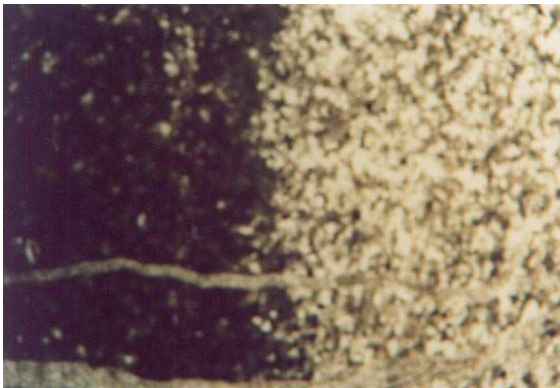
a) Minerales esenciales: Micrita
Biógenos

c) Minerales secundarios:

b) Minerales accesorios: Cuarzo
Feldespatos

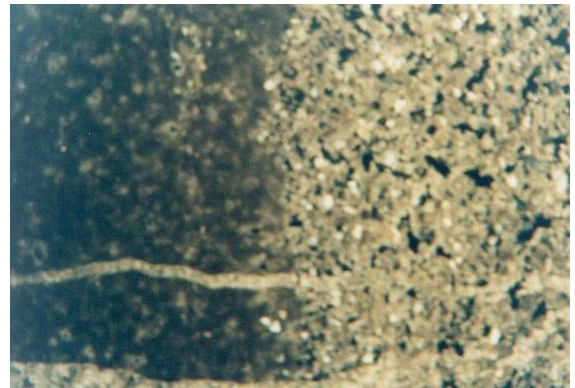
d) Matriz o cementante:

e) Caracteres especiales: La roca muestra el contacto entre dos entidades, una está formada por lodo calcáreo, con algunos fragmentos de fósiles, algo deformados, principalmente foraminíferos, la otra presenta abundancia de clásticos cementados por calcita. Hay vetillas de calcita recristalizada, con espesor de hasta 1 mm, que cruzan a ambas entidades.



Luz natural, objetivo 2,5X.

Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 2,5X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Química depositada en un medio acuoso marino próximo a una zona de plataforma.

V.- CLASIFICACIÓN CONTACTO ENTRE BIOMICRITA Y CALIZA ARENOSA

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV88-460

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Camino suroccidental a Ixcatlán (Jocotipac).
Coordenadas 97° 01' 30" W - 17° 47' 55" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color gris a gris claro, dispuesta en estratos delgados, compacta y con textura fina.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: *Light olive gray* (5Y 6/1)

Estructura y textura: Cristalina fina, estratificación delgada con bandeamiento laminar.

Minerales observables: Calcita y pedernal en bandas.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: No clástica

Mineralogía:

a) Minerales esenciales: Micrita
Calcita espática

c) Minerales secundarios:

b) Minerales accesorios: Oolitas

d) Matriz o cementante:

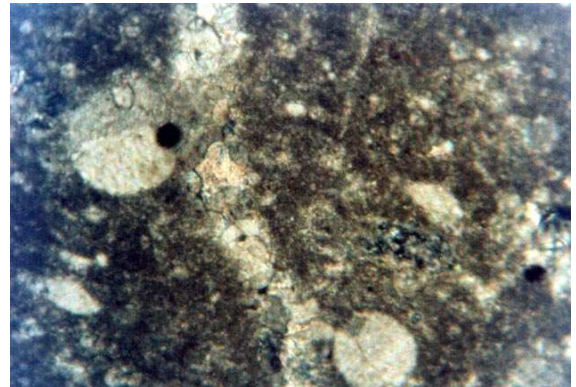
e) Caracteres especiales:

Predomina la micrita, contiene abundantes biógenos de globigerínidos reemplazados por calcita recristalizada. Se observan fracturas.



Luz natural, objetivo 10X.

Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 10X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA **Química depositada en un medio acuoso marino próximo a una zona de plataforma externa.**

V.- CLASIFICACIÓN **BIOMICRITA**

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV88-463

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Camino suroccidental a Ixcatlán (Jocotipac).
Coordenadas 97° 02' 30" W - 17° 47' 45" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color gris a gris claro, dispuesta en estratos delgados, compacta y con textura fina.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: *Light olive gray* (5Y 6/1)

Estructura y textura: Cristalina fina, estratificación delgada con bandeamiento laminar.

Minerales observables: Calcita y pedernal en bandas.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: No clástica

Mineralogía:

a) Minerales esenciales: Micrita
Biógenos

c) Minerales secundarios:

b) Minerales accesorios:

d) Matriz o cementante:

e) Caracteres especiales:

Predomina la micrita, contiene abundantes biógenos como ostrácodos, pelecípodos y equinodermos. Se observan fracturas.



Luz natural, objetivo 2,5X.

Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 2,5X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Química depositada en un medio acuoso marino de plataforma.

V.- CLASIFICACIÓN BIOMICRITA

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV90-203

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Camino noroccidental a Ixcatlán,
Coordenadas 97° 05' 15" W - 17° 53' 50" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color amarillo a gris, de estructura masiva, compacta y de textura gruesa.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: Yellowish gray (5Y 8/1)

Estructura y textura: Clástica, de gravas y boleos redondeados, estratificación masiva.

Minerales observables: Líticos calcáreos redondeados, en la matriz carbonato de calcio.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: No clástica

Mineralogía:

a) Minerales esenciales: Micrita
Biógenos

c) Minerales secundarios:

b) Minerales accesorios:

d) Matriz o cementante:

e) Caracteres especiales: Predomina la micrita, contiene abundantes biógenos representados por foraminíferos. También hay fracturas rellenas de calcita, con aspecto brechoide, porque el ancho de las fracturas engloba fragmentos.



Luz natural, objetivo 10X.

Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 10X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Química depositada en un medio acuoso marino de plataforma.

V.- CLASIFICACIÓN BIOMICRITA BRECHOIDE

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

ERATEMA CENOZOICO

La secuencia cenozoica ocupa la porción central, a lo largo del valle, y descansa discordantemente sobre el basamento pre-Cenozoico; está constituida en su parte baja por cuerpos fluviales, lacustres, volcanoclásticos y en la parte superior, por cuerpos fluviales, lacustres (algunos interdigitados) así como por suelos. En conjunto, las rocas que afloran de la secuencia cenozoica constituyen un 65-70% del área de estudio.

Sistema Terciario

Aunque de manera provisional, debido a que este trabajo no constituye una publicación que cubra lo necesario para formalizar a las unidades estratigráficas del Sistema Terciario, se trata a estas unidades con el cuidado de cumplir la mayor parte de los requisitos establecidos por el Código Estratigráfico Norteamericano, especialmente los Artículos 3 a 30 (NACSN, 1983), con la intención de establecer de manera objetiva dicha secuencia.

En esta zona, los trabajos publicados de tipo formal de amplia difusión, son aquellos de Barrera (1946) y de Delgado-Argote (1988). Sin embargo, en el primero, no puede considerarse que se hayan establecido formalmente las unidades litoestratigráficas, pues no se cubrieron los criterios y prácticas estratigráficas de ese tiempo (cf. Ashley *et al.*, 1933, que es el llamado American Stratigraphic Code y que sirvió de referencia fundamental para la práctica geológico-estratigráfica de México hasta 1961, cuando se publicó el Code of Stratigraphic Nomenclature, traducido al español y publicado en México en el mismo año (CANE, 1961). En el segundo, se la cartografía incluye una pequeña porción que se traslapa con esta área, ubicada al sureste de Quiotepec; en ella, se muestran las unidades informales "Lechos rojos molásicos"; y "Limos, areniscas y yesos", con extensión conjunta aproximada de 25 km², el tratamiento informal según el autor es debido a que el trabajo "está enfocado principalmente hacia la definición del ambiente geológico y condiciones de emplazamiento del cuerpo ultramáfico" (Delgado-Argote, *op.cit.*, p. 127).

Por lo anterior, debe considerarse que no existen unidades litoestratigráficas formales en esta área, ya que los nombres utilizados por Delgado-Argote (1988) son informales y no tienen el alcance de denominar la secuencia cenozoica. En cuanto a los nombres conglomerados calcáreos compactos (Barrera, 1946, p. 23), también tratados como Conglomerado y brecha caliza compacta (Barrera, *op. cit.*, Plano 1) y "Serie Cuicatlán" (Barrera, 1946, p. 23), también designada Formación Cuicatlán (Barrera *op. cit.*, p. 24 y 26), o Conglomerado rojo serie "Cuicatlán" (Barrera, *op. cit.*,

Plano 1), que en conjunto corresponden a la totalidad de la secuencia terciaria, tienen que abandonarse ya que, corresponden a unidades litoestratigráficas descritas en forma impropia e insuficiente, que nunca fueron formalmente propuestas (Ashley *et al.*, 1933). Además, debe aclararse que el componente geográfico Cuicatlán de una de las unidades, está disponible (NACSN, 2005, Art. 20 b).

Por otro lado, el antecedente principal en el que se insertó inicialmente este trabajo, como ya se mencionó, es el Proyecto CONACYT 50992, el cual aborda la diferenciación estratigráfica del Terciario continental en los Estados de Aguascalientes, Guanajuato, Oaxaca y Chiapas, cuyos resultados parciales se presentaron en un informe inédito (Ferrusquía-Villafranca, 1990). Los trabajos de Espinosa-López, 1972 y Sánchez-Martín, 1985, son informes inéditos también y los de Centeno-García, 1989 y Dávalos-Álvarez, 2006, tesis, así mismo inéditas, en los cuales se proponen subdivisiones de la secuencia terciaria, correspondientes a unidades litoestratigráficas informales, y que tampoco satisfacen los requisitos de formalidad establecidos en el Código Estratigráfico (respectivamente, ACSN, 1970; NACSN, 1983). Por ello, no se usan aquí esas unidades ni sus correspondientes designaciones, aunque con la finalidad de sustentar una discusión tan objetiva como sea posible de cada una de las unidades litoestratigráficas que se presentan en este estudio, las unidades empleadas por estos autores, se discuten en el apartado Consideración Histórico-Taxonómico-Nomenclatural de cada formación propuesta, en este trabajo.

III.3. Conglomerado Río Seco (Nombre Nuevo)

Consideración Histórico-Taxonómico-Nomenclatural

El primer trabajo geológico de la zona se realizó a lo largo de la ruta de ferrocarril hacia Oaxaca, con objetivo de formar una guía de recreación. Con respecto a esta unidad, Barrera (1946, p. 23 y Plano 1) menciona: “conglomerados calcáreos compactos”, que discrimina en su mapa y designa como “Conglomerado y brecha caliza compacta”, pero no los describe, por lo que se considera que representan una unidad informal. En su mapa (Barrera, *op. cit.*) restringe los conglomerados calcáreos compactos a la zona localizada al oeste de Tecomavaca, lo cual es un error, ya que éstos se distribuyen a lo largo del borde occidental de La Cañada.

Espinosa-López (1972) y Sánchez-Martín (1985), asignan toda la secuencia terciaria del área a la Formación Huajuapán (sinonimia de Capas Huajuapán, Salas, 1949; Erben, 1956), la cual aflora en la Mixteca Oaxaqueña, a unos 70 km al oeste del área Tecomavaca-Cuicatlán. Como al presente, no se ha demostrado la continuidad física entre las secuencias terciarias de ambas áreas y como dichos autores no demuestran la identidad de ambas secuencias, su supuesto reconocimiento de la llamada Formación Huajuapán fuera de su Área Tipo es sólo una suposición.

Finalmente, Centeno-García (1989, p. 36) designa informalmente a esta unidad como Conglomerado A y la describe brevemente. Las consideraciones anteriores justifican la proposición formal de esta unidad, a la que se le asigna rango de formación.

Definición, ubicación, extensión y expresión geomorfológica

Definición

Se propone el nombre Conglomerado Río Seco para designar al cuerpo constituido por un conglomerado de cantos y bloques, polimíctico, aunque con predominio de clastos calizos, de color gris claro a amarillo por intemperismo, dispuesto en estratos gruesos, que aflora en la porción occidental de la depresión, en el frente montañoso oriental de las Sierras Mixtecas; cubre de manera discordante a la Secuencia Calcárea Cretácica y se encuentra parcialmente cubierto por la Filarenita Quiotepec (nombre nuevo, este estudio) y la Formación Tomellín; su espesor estimado varía de 200 a 400 m; su edad es terciaria premiocénica; el nombre procede del arroyo y río denominado Río Seco, situado en la parte noroccidental del área, unos 7 km al suroeste del poblado Tecomavaca; sin embargo, como la entrada a este sitio es de difícil acceso, se designa

como Localidad Tipo a los afloramientos que existen en el camino a Jocotipac, aproximadamente entre 0,7 a 4,5 km al occidente de su inicio en el km 113,2 de la carretera federal 131, donde se muestran la litología y relaciones estratigráficas características de esta unidad. La Sección de Referencia Principal se midió sobre el cuerpo de roca más próximo a la carretera, su localización puede verse en el plano geológico (Plano 1, Sección 1).

Ubicación y extensión

El Conglomerado Río Seco forma parte del frente montañoso oriental de las Sierras Mixtecas, principalmente en las cimas de este frente (Plano 1, Figura 17), el cuerpo de mayor longitud alcanza unos 12 km y una anchura promedio de 2,5 km, antes de ser interrumpido por el cañón del Río Seco, inmediatamente al sur de este cañón continúa un cuerpo con longitud de 4 km, hasta el cañón labrado por el Río Sabino, luego se presenta otro cuerpo de aproximadamente 3 km y más al sur existen otros más pequeños. La superficie agregada de esta unidad en el área es de unos 45 km² (correspondientes casi al 10% del total de ésta).

Expresión geomorfológica

La unidad tiene una cuesta bastante empinada que va generalmente de los 1000 a los 1800 msnm, en ocasiones con paredes verticales, lo cual indica que está constituida por material resistente a la erosión. En la porción norte, estas rocas dominan entre las cotas de 1000 a 1500 m y en la porción sur entre las cotas 1400 a 1800 m, se presentan en bloques escalonados por la presencia de fallas y normalmente coronan la sierra (Plano 2, Figura 18). Algunos ríos de poca longitud, que forman barrancas profundas y escarpadas, surcan a esta formación transversalmente, con direcciones predominantes NE-SW y NW-SE, antes de unirse a los ríos Salado y Grande.

Espesor, litología e interpretación genético-ambiental

Espesor

El espesor de esta unidad es variable, en la Localidad Tipo tiene unos 200 a 300 m; en el cañón del Río Seco varía de 0 a 200 m y en otras zonas no se pudo medir por complicaciones estructurales.

Litología

Esta formación está constituida por un conglomerado polimíctico, constituido predominantemente por fragmentos subredondeados de caliza y en menor cantidad, esquistos y gneises dispuestos en estratos gruesos (Figura 19). El análisis megascópico muestra que los

clastos se derivaron de la Secuencia Calcárea Cretácica, y que muchas de sus variedades están presentes, con predominio de las biomicritas.

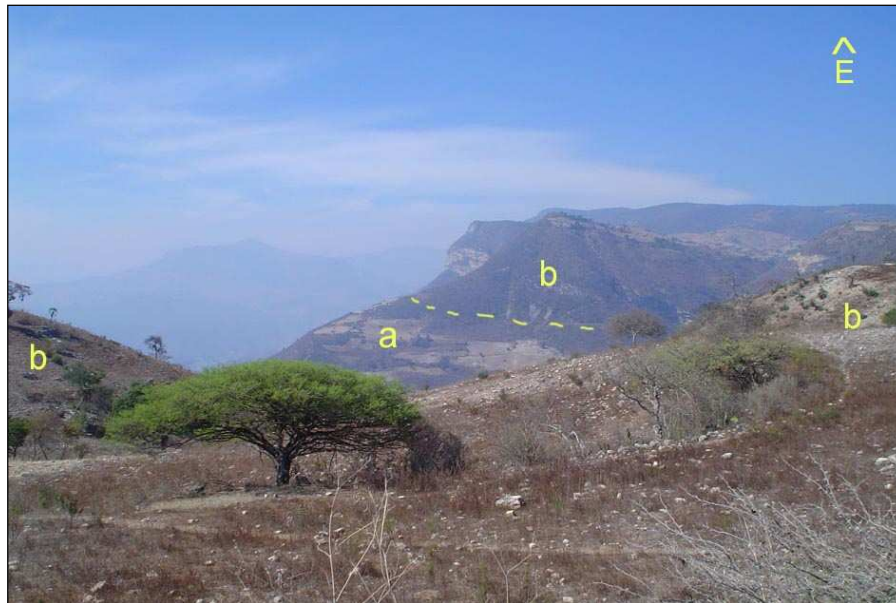


Figura 17. Conglomerado Río Seco (b), en parte de la cresta de la porción oriental de las Sierras Mixtecas, sobre el camino a Ixcatlán, (a) Secuencia calcárea cretácica.

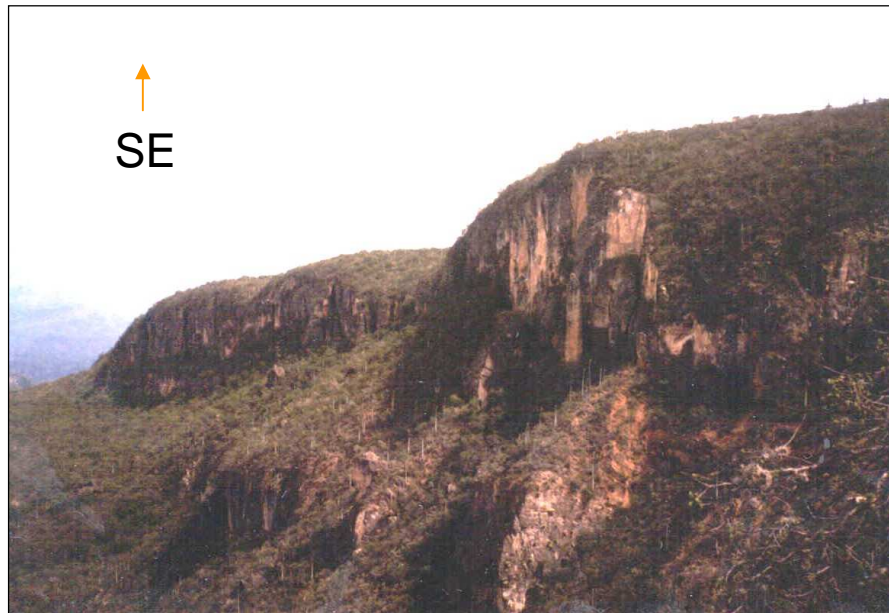


Figura 18. Parte sur del Cañón del Río Seco, cantiles verticales en la unidad del mismo nombre, los estratos son gruesos a masivos, subhorizontales.

Petrográficamente la parte fina de esta unidad puede describirse como un conglomerado de gravas y cantos, cementado por calcita, inmaduro a submaduro de fragmentos de biomicrita, rocas volcánicas y metamórficas (muestra FV90-204). Los clastos varían desde bloques de 40 a 50 cm

de diámetro, aunque las gravas y los cantos son más comunes. Los fragmentos de pedernal son subangulosos. Es frecuente observar una delgada cubierta de hematita o limolita en las gravas.

Los clastos mayores están dispuestos en una matriz gránulo-arenosa, frecuentemente arcillosa, de color gris oscuro a rojizo; los granos son angulares a subangulares y muestran pobre clasificación; la arcilla a veces está coloreada por hematita; el cementante es calcita espática fina a cristalina gruesa. Al nivel macroscópico, no se observaron fragmentos de rocas metamórficas en esta unidad, sin embargo, en lámina delgada se observan esquistos y milonitas, probablemente similares a los de la Sierra de Juárez.



Figura 19. Clastos predominantemente micríticos del Conglomerado Río Seco, derivados de la Secuencia Calcárea Cretácica. La libreta de campo como escala gráfica tiene longitud de 17 cm.

Interpretación genético ambiental

Por la composición y la posición del Conglomerado Río Seco sobre la Secuencia Calcárea Cretácica, se infiere que ésta constituye el área fuente del primero. Además, la buena conservación de los clastos indica que hubo poca disolución en el área fuente y que la distancia de transporte debió ser corta y con dirección hacia el oriente, por la abundancia de clastos calcáreos y escasez de metamórficos. Por lo anterior, se considera que el Conglomerado Río Seco representa depósitos fluviales con avenidas torrenciales, en forma de abanicos o emplazados al pie de montañas, las cuales fueron enérgicamente erosionadas.

Relaciones estratigráficas

Cubre en discordancia angular a la Secuencia Calcárea Cretácica, con la cual también tiene una relación estructural por fallas normales, tanto de sentido NW-SE, como perpendiculares a éste. La relación indica además, un período de fallamiento en la Secuencia Calcárea Cretácica, que se considera que es la reactivación de aquel que ocasionó el relieve alto, cuya erosión generó los sedimentos del conglomerado, esta actividad probablemente fue de tipo normal y produjo depósito al oeste de la Falla Oaxaca, por la gran extensión de los conglomerados al poniente de la Depresión de Cuicatlán, antes del Mioceno Medio.

Hacia la porción estratigráficamente superior, el Conglomerado Río Seco queda en contacto discordante erosional con la Filarenita Quiotepec y la Formación Tomellín, como puede observarse en el camino a Jocotipac y noroccidental a Ixcatlán.

Paleontología

No se encontraron fósiles en esta formación.

Edad y correlación

Debido a la ausencia de fósiles, no es posible precisar la edad de esta formación, aunque los siguientes hechos permiten una aproximación: la posición estratigráfica basal, discordante sobre el basamento Precenozoico; su relación discordante bajo la Formación Tomellín, portadora de la mastofauna Tomellín, indicativa de una edad miocénica (muy probablemente media); sugieren que el Conglomerado Río Seco es una unidad diacrónica de edad terciaria, cuya parte superior es premiocénica media y su parte inferior o basal tiene que ser más antigua, tal vez paleogénica, aunque por ahora no se pueda precisar cuanto.

Con respecto a la correlación, en la parte centromeridional de México se han propuesto algunas unidades conglomeráticas de posición semejante a la que tiene el Conglomerado Río Seco, tales como el Miembro Catarina de la Formación Huajuapán (Erben, 1956, p. 71 y láminas 5 y 7), el "conglomerado basal" de la llamada Formación Tehuacán, (Calderón, 1956, p. 23-24), el Conglomerado Tecamatlán (Schlaepfer, 1970, p. 89) y el Conglomerado Tamazulapán (Ferrusquía-Villafranca, 1976, p. 30). Excepto en el último, en el cual se documentó una posición estratigráfica postcretácica tardía y pre-eocénica, en las otras unidades, no existen argumentos para justificar las supuestas edades terciarias tempranas de éstas. Por ello y porque la edad del Conglomerado Río Seco no puede precisarse más allá de Terciario Premiocénico Medio, se considera innecesario correlacionarlo con las otras.

A continuación se presenta el estudio petrográfico y la sección principal de referencia de esta unidad:

Estudio petrográfico de una muestra representativa del Conglomerado Río Seco

Muestra: FV90-204

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Camino noroccidental a Ixcatlán.
Coordenadas 97° 04' 12" W - 17° 54' 19" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color gris a gris claro, dispuesta en estratos delgados, compacta y con textura fina.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: Yellowish gray (5Y 8/1)

Estructura y textura: Cristalina fina, estratificación delgada con bandeamiento laminar.

Minerales observables: Calcita y pedernal en bandas.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Clástica, de grano muy grueso

Mineralogía:

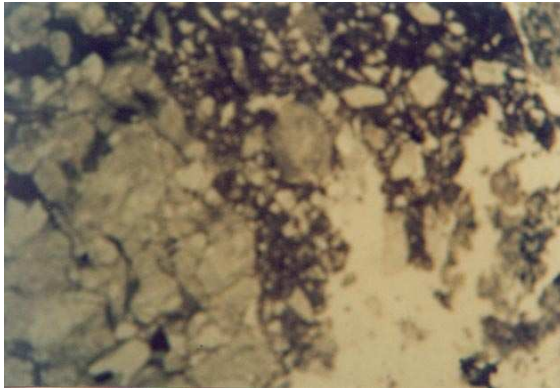
a) Minerales esenciales: Líticos de esquistos, de gneis, de milonitas, de micritas
Plagioclasas

b) Minerales accesorios:

c) Minerales secundarios:

d) Matriz o cementante: Calcita

e) Caracteres especiales: Los fragmentos líticos, son de micritas, de metamórficas y volcánicas, subredondeados, en tamaños que varían de 3,0 a 5,0 mm, están cementados por calcita.



Luz natural, objetivo 2,5X.

Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 2,5X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentaria depositada en un medio acuoso de alta energía, con disolución parcial del protolito e incorporación posterior de calcita secundaria.

V.- CLASIFICACIÓN CONGLOMERADO POLIMÍCTICO

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Sección principal de referencia del Conglomerado Río Seco

En el apartado de Consideración Histórico-Taxonómico-Nomenclatural se indicó la necesidad de formalizar esta unidad, por ello se designó la Localidad tipo, atendiendo principalmente al criterio de accesibilidad, sin embargo, no se encontró un sitio que cumpla todos los requisitos de una Sección de Referencia de acuerdo con lo establecido en el Código Estratigráfico Norteamericano [Art. 8 (e)], por lo cual se midió una Sección de Referencia Principal.

La traza de la sección se muestra en el Plano 1 (Sección Medida 1), su rumbo es variable y sigue la tendencia general del camino que asciende hacia Ixcatlán, desde el Km 113,2 de la carretera. Inicia aproximadamente en el km 2 del camino, en donde la pendiente se hace más fuerte, al sur de la Barranca Grande, en una zona de falla, que representa el límite del bloque de conglomerado, continua estratigráficamente hacia abajo, de manera general en dirección S75°E, luego E-W y N74°E, sobre la loma, con una longitud de 1500 m y termina a 700 m del entronque del camino con la carretera.

Unidad		Espesor (m)
s/n	Formación Tomellín: limolita de color gris a rosa y amarillo oscuro, deleznable, alterada, no muestra evidencias de estratificación. Zona de falla normal, en el bloque caído está el Conglomerado Río Seco.	
1	Conglomerado Río Seco: Conglomerado polimíctico, predominantemente calcáreo, de color blanco a amarillo claro, formado por fragmentos subredondeados con diámetro predominante de 2 a 5 cm y hasta 30 cm, cementados por calcita, la estratificación está poco definida, se observa alineamiento de los clastos alargados. _____	35,00
2	Conglomerado polimíctico, predominantemente calcáreo, está formado por fragmentos subredondeados con diámetro de 6 a 15 cm y hasta 40 cm, cementados por calcita, con algo de arcilla, muestran estratificación incipiente. _____	12,00
3	Conglomerado polimíctico, predominantemente calcáreo, de color blanco a crema, formado por fragmentos redondeados con diámetro de 2 a 6 cm y algunos hasta de 40 cm, algunos fragmentos son de andesita, de color verde, subangulosos, se muestra muy compacto y la alineación de fragmentos esta bien marcada. _____	45,00
4	Conglomerado predominantemente calcáreo, de color blanco a crema, formado por fragmentos redondeados con diámetro de 2 a 6 cm y con algunos clastos de hasta 40 cm, con cementante calcáreo, compacto. __	120,00

5	Conglomerado predominantemente calcáreo, formado por fragmentos redondeados con diámetro de 15 a 25 cm y hasta 40 cm, compacto, alineación de fragmentos bien marcada, cementado por calcita con algo de arcilla y mostrando estratificación incipiente. -----	90,00
6	Conglomerado polimíctico, predominantemente calcáreo, de colores blanco al amarillo claro, está formado por fragmentos redondeados con diámetro más frecuente entre 15 y 25 cm y hasta 40 cm, compacto, masivo, con alineación de los fragmentos de forma planar. -----	45,00
7	Conglomerado polimíctico brechoide, predominantemente calcáreo, compuesto por fragmentos subredondeados de diámetro más frecuente entre 2 y 6 cm, de colores blanco al amarillo claro; compacto, está cementado por calcita y contiene algo de arcilla, está dispuesto en estratos medianos a gruesos con espesores de 20 a 50 cm. -----	14,00
8	Conglomerado polimíctico brechoide, predominantemente calcáreo, compuesto por fragmentos subredondeados con diámetro de 2 a 6 cm, compacto, en estratos medianos a gruesos con espesor de 20 a 50 cm, presenta escasos horizontes delgados, de aproximadamente 5 cm de espesor, de lutitas de color amarillo claro. -----	10,00
	Discordancia y Formación Tomellín. Fin de la sección	
	Total medido -----	371,00

III.4. Formación Tomellín (Nombre Nuevo)

Consideración Histórico-Taxonómico-Nomenclatural

Barrera (1946) incluyó a la mayor parte de la secuencia terciaria del área Tecomavaca-Cuicatlán en su Serie "Cuicatlán", cuyo análisis estratigráfico se discute más adelante, sin tener en cuenta su composición ni sus relaciones estratigráficas. En el texto, se refiere a "la formación gris de Cuicatlán"; constituida por areniscas grises y rojas, pero no las describe, ni las cartografía.

Para esta unidad también se considera inaceptable asignarla a la llamada Formación Huajuapán, la cual aflora en la Mixteca Oaxaqueña, a unos 70 km al oeste del área Tecomavaca-Cuicatlán, ya que al presente no se ha demostrado la continuidad física entre las secuencias terciarias de ambas áreas, tal como lo hicieron Espinosa-López (1972) y Sánchez-Martín (1985).

Finalmente, Centeno-García (1989) incluyó a este cuerpo litoestratigráfico en sus unidades informales Conglomerado A y Depósitos lacustres A; los estudios de campo de las áreas correspondientes muestran que la litología no corresponde a la señalada por Centeno-García (*op. cit.*, p.40 y 41) para estas unidades, por lo que se considera que fueron cartografiadas en forma errónea y son inaceptables.

Definición, ubicación, extensión y expresión geomorfológica

Definición

Unidad litoestratigráfica compuesta por una alternancia de rocas clásticas y piroclásticas, de color rosa pálido, gris claro y verde claro, dispuesta en estratos medianos a laminares, la cual cubre discordantemente al Conglomerado Río Seco y está cubierta con la Filarenita Quiotepec y la Formación Cuicatlán, su espesor estimado es de por lo menos 500 m y aflora en la parte meridional de la depresión, en su fondo y en la parte inferior de la cuesta de las Sierras Mixtecas. Se subdivide en un miembro tobáceo y un miembro limoso, fosilífero. El nombre de esta unidad procede del poblado Estación Tomellín del ferrocarril, en cuyas inmediaciones aflora, por lo que se eligió ésta como su Área y Localidad tipo; se designa como tales al afloramiento de la pendiente suroeste del Cerro del Gallo, situado a 600 m al sureste del mismo poblado (Figura 20). La Sección principal de referencia se midió sobre este cerro, en atención a su accesibilidad. Su localización puede verse en el plano geológico (Plano 1).



Figura 20. Cerro del Gallo, Localidad tipo de la Formación Tomellín, al sureste de la estación de ferrocarril del mismo nombre, en el borde meridional del área de estudio. En la cima se observan descansando en discordancia, capas de la Formación Cuicatlán (a).

Ubicación y extensión

Esta unidad aflora en la parte meridional occidental del área; tiene una longitud promedio de 11 km y una amplitud de 4,5 km (Plano 1). Su extensión superficial es de unos 30 km², es decir, representa el 6,0% del total del área de estudio; se extiende hacia el sur (unos 15 km más fuera del área de estudio) y está presente en San José del Chilar y en Santiago Dominguillo.

Expresión geomorfológica

Se presenta en cerros bajos redondeados (Figura 21), con algunos desarrollos de malpaís, a causa de drenaje dendrítico muy cerrado; forma el fondo de la depresión y se extiende hacia las estribaciones de ambas sierras, en las Sierras Mixtecas, asciende hasta los 1200 msnm y en la Sierra de Juárez, hasta los 700 msnm, aproximadamente. Su resistencia a la erosión es baja a moderada.



Figura 21. Cerros bajos de la Formación Tomellín (a), en la porción central de la Depresión de Cuicatlán en la zona del poblado del mismo nombre e inicio de los cantiles de la Formación Cuicatlán (b).

Subdivisión litoestratigráfica informal: Miembros Tobáceo y Limoso Fosilífero

Miembro Tobáceo

Esta subunidad litoestratigráfica es predominantemente piroclástica, está constituida por tobas félsicas a riolíticas no soldadas a soldadas y por areniscas tobáceas arcósicas (Figura 22) que contienen clastos subordinados de pedernal, de rocas volcánicas y metamórficas; así como algunos horizontes de limolitas. Su color varía de gris claro y amarillo verdoso pálido (cuando la superficie está poco oxidada), a rojo pálido o pardo amarillento moderado. Presenta una alternancia de capas medianas y laminares, entre las cuales dominan las primeras, las segundas pueden estar ligera o fuertemente desarrolladas. Cubre de manera discordantemente al Conglomerado Río Seco y cambia transicionalmente al Miembro limoso; tiene un espesor de 120 a 200 m y aflora en la parte suroccidental de la depresión, donde forma la zona inicial de las cuevas de Las Sierras y Tierras Altas Mixteco-Zapotecas. Su edad es terciaria, premiocénica media. Sus afloramientos más representativos se ubican sobre el camino del poniente de Valerio Trujano.



Figura 22. Areniscas del Miembro tobáceo de la Formación Tomellín, tienen una inclinación moderada dirigida hacia la depresión. Afloramiento en el área de Valerio Trujano.

Litología

A pesar de que el término toba actualmente se considera ambiguo porque engloba una amplia variedad de rocas de origen clástico y volcánico (toba: ceniza y lapilli volcánico consolidado o cementado; tobáceos: sedimentos clásticos no volcánicos que contienen mezcla de piroclastos del tamaño de la ceniza, Amer. Geol. Institute, 2005), se empleó este nombre porque la variedad que muestra esta unidad litoestratigráfica corresponde con ambas definiciones.

La porción dominante es piroclástica fina y por su color puede corresponder a rocas félsicas o riolíticas y en ocasiones ignimbritas. Los piroclastos varían de ceniza fina a lapilli, están bien clasificados, su forma es casi isodiamétrica con bordes angulosos; y consisten predominantemente de esquirlas de vidrio y cristales presentes en cantidades variables. Así, las tobas varían de cristalovítricas a vítrico-cristalinas y en menor cantidad, son vítreas (muestras FV88-398 y FV88-451). Los cristales están constituidos por: cuarzo translúcido, ocasionalmente piramidal o bi-piramidal, ligera a moderadamente corroídos y corresponden al 40-45% de los clastos mayores; los feldespatos alcalinos alterados, frecuentemente cubiertos por arcilla, también son abundantes; la biotita (fresca y lixiviada), representa del 4 al 6% de los clastos; con frecuencia presenta cristales euhedrales hexagonales; también se observan cantidades subordinadas de otros máficos tales como hornblenda, magnetita y hematita. La estratificación varía de delgada (a veces laminar) a gruesa.

La textura sugiere un emplazamiento piroclástico subaéreo de tipo caída libre, con temperatura moderada a alta, suficiente para ocasionar piroconsolidación, en algunas partes.

Otras variedades son rocas piroclásticas que muestran estratificación cruzada (laminar a delgada o mediana), del tamaño de lapilli, en los que destaca la presencia relativamente común de cristales frescos euhedrales hexagonales de biotita; hay también lahares que ha incorporado clastos calcáreos (escasos) del terreno donde se movía.

Miembro Limoso Fosilífero

Está constituido principalmente por limolitas, además de lutitas, areniscas finas y tobas interestratificadas a distintos niveles (Figura 23); las primeras tienen color pardo pálido amarillento a rojo pálido, sus clastos varían de arcilla a arena fina (dominando los más finos), los mayores son isodiamétricos a foliados, angulosos a muy angulosos, compuestos por cuarzo translúcido ocasionalmente piramidal, feldespatos (probablemente alcalinos) alterados, biotita subhedral a euhedral (de sección hexagonal) y minerales accesorios, la matriz es amorfa a criptocristalina; ocasionalmente se pueden reconocer feldespatos y esquirlas de vidrio muy alterados y desde luego, arcillas; su estratificación varía de laminar a delgada y a veces presentan interrupción de la estratificación, su litificación es mediana a casi inexistente.



Figura 23. Limolitas y areniscas finas de los Miembros limosos fosilíferos de la Formación Tomellín, mostrando inclinación moderada y dirigida hacia la depresión, al poniente del poblado Valerio Trujano.

Las tobas tienen colores diversos, los más frecuentes son verde grisáceo amarillento, rojo pálido y pardo amarillento pálido, su composición es riolítica, son de grano medio, cristalinas a vitricocristalinas, ocasionalmente soldadas, su litificación varía de pobre a alta. Están estratificadas en capas delgadas a medianas y también presentan estratificación cruzada, de escala pequeña a mediana. Esta unidad cubre en forma concordante a los miembros tobáceos y discordantemente al Conglomerado Río Seco; su espesor puede alcanzar 300 m. Aflora en la parte meridional de la depresión donde, junto con los depósitos aluviales cuaternarios, forma el piso de la misma.

Litología

En las limolitas fosilíferas, el componente clástico es el más abundante y caracteriza a esta unidad. Su coloración varía dependiendo de la intensidad de la oxidación que tuvieron los máficos: en áreas no oxidadas, gris claro a amarillo verdoso pálido; mientras que en áreas oxidadas, rojo pálido a pardo amarillento moderado.

Están constituidas por areniscas de grano fino (muestras FV88-122, 337, 343a, 444, 449 y 456), generalmente limosas, con cemento de calcita, inmadura de arcosa, o lutita (muestra FV88-415), además contienen variedades, estrechamente asociadas, de areniscas con cantidades importantes de pedernal y de manera ocasional, interestratos o vetillas de yeso, así como gravilla de rocas metamórficas y volcánicas (muestra FV88-335). Los clastos mayores están dispuestos en una matriz limoarcillosa de color rojizo a pardo, que tiene una composición similar a la de éstos. El cuarzo representa un 50 a 75% de los megaclastos, incluye tanto el lechoso (que a veces es dominante) como el translúcido. El feldespato constituye del 5 al 35% de los megaclastos, está frecuentemente alterado a arcilla. El pedernal puede corresponder hasta a un 20% de los clastos, pero está ausente en la mayor parte de la secuencia.

La segunda variedad está formada por rocas clásticas, con tamaños de grano que varían de arena fina a arena mediana, en las que se observan fragmentos angulares a subangulares de cuarzo translúcido, cuarzo común, feldespatos alcalinos frescos a moderadamente alterados, cantidades muy pequeñas de biotita (algunos cristales euhedrales, la mayoría son del mismo tamaño o menores que los cristales de cuarzo o de feldespato) y de celadonita, dispuestos en una matriz de limo y arcilla con trazas de clorita o celadonita, que le da una tonalidad verde pálida que cambia a gris clara por intemperismo; tiene carbonato de calcio como cemento en baja proporción; la matriz representa del 30 al 35% del volumen de la roca.

Otra variedad es una caliza de posible origen lacustre (Muestra FV88-450), de color gris claro oliváceo, que contiene de 5 a 25% de clastos del tamaño de las arenas gruesas a muy

gruesas, isodiamétricos, angulosos y constituidos principalmente por cuarzo translúcido y común; feldespatos (alcalinos y plagioclasas) que muestran cierta alteración; biotita subhedral y euhedral escasa; y felsita (cúmulos de cristales incluidos en una matriz vítrea); el cuarzo y los feldespatos son más abundantes. La roca está bien consolidada, la calcita dominante es microcristalina, pero incluye cristales de espatita de 4-6 mm y también se encuentran fragmentos ovoides de "micrita" que tienen tamaños de 2-10 mm de diámetro; lo que indica la presencia de turbulencia y destrucción parcial de un fondo lodoso calcáreo semiconsolidado, seguido de sedimentación calcárea normal. Además es híbrida; esta variedad es una caliza de micrita y espatita con abundantes fragmentos de cuarzo y feldespato. Esta variedad lítica aflora a unos 500 m al sur de Valerio Trujano.

Por último, la variedad menos abundante; está representada por lavas de poco espesor intercaladas con las limolitas, que corresponden a basalto de olivino (Muestra FV88-123B), de textura porfírica fina.

Espesor e interpretación genético-ambiental

Espesor

La Formación Tomellín tiene un espesor de 43 m en la Sección Tipo; sin embargo en el camino Tomellín-Valerio Trujano se pudieron apreciar espesores mayores, hasta de 150 metros, de acuerdo con la tendencia general de su inclinación hacia el oriente, su proyección geométrica refleja un espesor probable mayor de 500 m.

Interpretación genético-ambiental

La interpretación de secuencias volcanoclásticas antiguas implica cierta incertidumbre (Cas y Wright, 1988) relacionada con su génesis, modo de emplazamiento, distancia de la fuente volcánica, duración y tipo de actividad eruptiva, modificaciones post-emplazamiento, geometría y distribución de las facies. La determinación requiere un estudio de mayor detalle que el realizado en esta primera aproximación, por lo que esta interpretación es preliminar.

Una parte de los componentes de la secuencia, a pesar de su origen piroclástico, muestra efectos de intemperismo muy desarrollado, lo que hace evidente que dicho material sufrió cierto retrabajamiento y alteración posterior a su emplazamiento y que, como consecuencia incluye una cantidad indeterminada de material epiclástico; por ello, resulta imposible distinguirlos con certidumbre y cartografiarlos en forma separada. La presencia de CaCO_3 en la matriz, así como la

de los vertebrados fósiles en esta fracción, indica que debió ocurrir inactividad volcánica posterior al emplazamiento y retrabajamiento del material piroclástico.

Por otra parte, la fracción claramente piroclástica debido a su alta concentración de cristales, es una roca poco frecuente que indica la existencia de mecanismos de concentración de éstos, y que pueden ser tanto volcánicos, epiclásticos o mixtos (Cas y Wright, 1988, p. 337). Se interpreta que los piroclastos fueron emplazados por caída aérea, porque los depósitos son de tamaño fino.

En cualquier circunstancia, su génesis está íntimamente asociada a actividad volcánica silícea explosiva, que quizá, representó una continuación de la actividad que generó a la mayor parte de los miembros tobáceos. La fuente eruptiva debió estar fuera del área, pues no se identificó ninguna en ella, ni es posible reconocer estructuras primarias que indiquen la dirección de donde provinieron los fragmentos. El tamaño de éstos, la textura y el espesor del depósito sugieren: (a) una facies terminal, más que una cercana al centro eruptivo, (b) la actividad fue discontinua (es decir en pulsos) y (c) que se extendió por un lapso tal vez considerable. También destaca la presencia de basalto intercalado entre las capas clásticas en forma de lentes, porque aunque su extensión parece ser muy limitada, indica la importancia de las fisuras que permitieron el flujo volcánico.

Otras zonas muestran retrabajo, principalmente por erosión en un ambiente fluviolacustre, lo cual se interpretó a partir de la estratificación gruesa o caótica que muestran algunos afloramientos.

Algunos productos clásticos se depositaron en cuencas acuáticas donde ocurría sedimentación calcárea, quedando incorporados a la caliza lacustre resultante.

Relaciones estratigráficas

El miembro tobáceo cubre en forma discordante al Conglomerado Río Seco, como puede apreciarse en el camino a San Pedro Jocotipac, entre los kilómetros 2,5 y 3,0. Por otra parte, la Filarenita Quiotepec cubre de manera discordante (erosional) al miembro tobáceo, aunque en ocasiones es difícil reconocer el límite entre estas unidades debido a la presencia de interestratos tobáceos muy similares en la Filarenita Quiotepec. Por último, el miembro tobáceo está cubierto de manera concordante por capas del miembro limoso de la Formación Tomellín, como se observa en la subárea Chicozapotes-Tomellín. El miembro limoso está cubierto de manera discordante

erosional por la Formación Cuicatlán (Figura 24). También cubren discordantemente a esta unidad los depósitos cuaternarios, especialmente en el camino a Jocotipac (Plano 1).



Figura 24. Contacto superior discordante de la Formación Tomellín, con capas brechoides de la Formación Cuicatlán; se localizan junto a la carretera, al sur de la estación del mismo nombre (cerca de la Subestación Eléctrica Cuicatlán de CFE).

Paleontología

Se identificaron tres localidades. dos están localizadas entre sí a 1 km de distancia y la tercera a 5 km, en éstas se encontró un pequeño pero significativo conjunto de vertebrados fósiles que se designa aquí como **Fauna local Cuicatlán**. Están constituidas por estratos delgados de volcanoclastitas finas rojizas, con gran cantidad de arcilla y limo, que sugieren un ambiente deposicional de baja energía, muy probablemente de una planicie de inundación, donde se sedimentó material originalmente piroclástico.

Las localidades se encuentran en el Rancho Zapotillo, ubicado unos 250 m al oeste de la Carretera Federal 131, hacia el km 116,3 (Plano 1, Figura 25). La segunda se encuentra unos 130 m al SSE del extremo sur del Campo de Aviación de Cuicatlán, cerca del km 117,6. La tercera localidad está en el Cerro del Gallo, que es el Área tipo de la Formación Tomellín, y que se ubica a unos 600 m al sureste del poblado Estación Tomellín.



Figura 25. Localidad fósil El Zapote, las rocas son limolitas y areniscas pertenecientes a la Formación Tomellín.

El material fósil está fragmentado y pobremente conservado; se pudieron identificar los siguientes taxa: El antilocáprido cf. *Merycodus* sp., representado por un fragmento mandibular izquierdo, con el molar tercero casi completo; *Antilocapridae* Gen. et sp. indet., representado por fragmentos tarsales y carpales; *Camelidae* Gen. et sp. indet., representado por fragmentos izquierdos braquiales y pedales de un camello de talla pequeña, como la de *Oxydactylus* o de *Protolabis*; y *Equidae* Gen. et sp. Indet., que corresponden a la primera y tercera falanges de un équido tridáctilo también pequeño, tal como un hipparionino o un merychippino.

El *Merycodus* es un mamífero común en las faunas del Mioceno Temprano y Medio de Norteamérica (Savage y Russell, 1983; Tedford *et al.*, 1988), su presencia en México es el primer registro de este género en Mesoamérica y extiende considerablemente hacia el sur su distribución geográfica, ya que previamente alcanzaba hasta Texas suroriental. El antilocáprido puede compararse con la fauna local El Camarón, localizada en la región ístmica de Oaxaca, donde un antilocáprido indeterminado a nivel de género, se asignó al Mioceno Medio con base en los taxa asociados (Ferrusquía-Villafranca, 2001), y que junto con el hallazgo de cf. *Merycodus* sp. de Cuicatlán, constituyen los únicos registros miocénicos pre-Hemphilianos de este taxón en Mesoamérica.

Se conocen también los siguientes géneros: *Camelidae* de talla pequeña en las faunas locales Matatlán y El Gramal (Ferrusquía-Villafranca, *op. cit.*) del Estado de Oaxaca, asignados asimismo al Mioceno Medio, con base en los últimos taxa asociados. Además, se conocen

Equidae tridáctilos de talla pequeña en las dos faunas locales mencionadas y en las de Suchilquitongo y El Camarón, en el Estado de Oaxaca, que son también del Mioceno Medio.

En general, puede decirse que la fauna local Cuicatlán está constituida por taxa afines a los que se conocen en las faunas locales miocénicas medias del Estado de Oaxaca y que con base en el único taxón identificado a nivel genérico, es probable que la edad de esta fauna local corresponda al Mioceno Temprano tardío-Mioceno Medio temprano. Asimismo, el hallazgo de esta fauna es el primero de su tipo en la Depresión Tehuacán-Cuicatlán-Jayacatlán en particular, y en la región centro-septentrional del Estado de Oaxaca; añadiendo así una localidad más al reducido pero muy importante conjunto de localidades terciarias de Mesoamérica. Las localidades de Cuicatán se encuentran unos 150 km al norte de las del área Suchilquitongo (ubicada en el extremo norte del Valle de Oaxaca), que son las más próximas y probablemente, también son sus correlativas inmediatas.

Edad y Correlación

Se expuso y argumentó que la edad de la fauna local Cuicatlán es probablemente miocénica media, por lo que resulta obvio que se requiere material adicional bien conservado, para dar una asignación geocronológica más precisa. Si consideramos que esta fauna es el único dato objetivo para determinar la edad de la Formación Tomellín, dicha edad y la asignación geocronológica entonces resulta provisional. Ya que, por otra parte, se intentó fechar esta unidad por métodos isotópicos, para lo cual se colectó una muestra en el camino a Tutepetongo (FV88-444), al sur del área, con el auxilio del Dr. Fred W. Mc. Dowell, sitio que se consideró que presenta las mejores condiciones; sin embargo, la muestra no resultó apropiada para el estudio por lo alterado del material.

En la región Centromeridional de México, la única unidad litoestratigráfica formal continental fechada objetivamente como del Mioceno Temprano tardío, es la Formación Suchilquitongo del Valle de Oaxaca (Wilson y Clabaugh, 1970; Ferrusquía-Villafranca, 1992), con la que en parte se correlaciona a la Formación Tomellín. Por otro lado, si tomamos en consideración que las otras unidades de edad tal vez comparable que se conocen en la región, no están satisfactoriamente propuestas ni fechadas (NACSN, 1983), se estima innecesario considerar una posible correlación de la Formación Tomellín con ellas.

A continuación se presentan los estudios petrográficos y la sección principal de referencia de esta unidad:

Estudios petrográficos de muestras de la Formación Tomellín

Muestra: FV88-122

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Km 110 de la Carretera . Los Obos.
Coordenadas 97°00'49" W - 17° 50'18"N.

Descripción del afloramiento: Roca de color pardo a rojo, en estratos horizontales delgados (15 cm de espesor), bien consolidada, de textura mediana, en alternancia con capas de material fino.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: *Pale brown* (5YR ⁵/₂)

Estructura y textura: Clástica fina, estratificación laminar.

Minerales observables: Cuarzo, feldespatos escasos, carbonato de calcio y biotita.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Clástica, de grano fino.

Mineralogía:

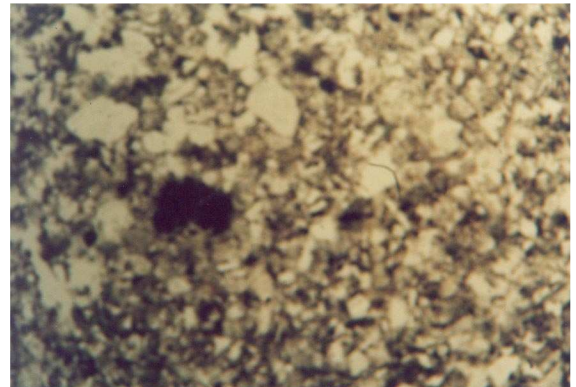
a) Minerales esenciales: Feldespatos
Líticos volcánicos
Cuarzo

c) Minerales secundarios:

b) Minerales accesorios: Apatito
Biotita

d) Matriz o cementante: CaCO₃, no hay matriz

e) Caracteres especiales: Los fragmentos de feldespato son de forma equigranular predominante, tienen tamaño entre 0,2 y poco más de 2,0 mm, son angulosos a subangulosos. Los fragmentos de roca volcánica son principalmente equigranulares y su redondeamiento varía de subanguloso a anguloso, su tamaño es del mismo orden, son subangulosos. Los fragmentos de cristales de cuarzo son escasos, de forma equigranular, angulosa. Los cristales de apatito y circón son subhedrales, se presentan como inclusiones en feldespatos. La roca muestra mala clasificación.



Luz natural, objetivo 2,5X. Fenocristales máficos.
Tamaño original de la micrografía 15 x 10 cm.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentaria depositada en un cuerpo de agua de energía moderada, cercano al área fuente.

V.- CLASIFICACIÓN ARCOSA

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV88-123b

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Km 113+800 de la Carretera. Puente Río Grande.
Coordenadas 96° 59' 17" W - 17° 48' 47" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color gris claro a amarillo, en pseudoestratos medianos, bien consolidada, con textura fina.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: *Grayish yellow green (5GY 7/2)*

Estructura y textura: Porfirítica fina, pseudoestratificación media.

Minerales observables: Cuarzo, plagioclasa, biotita escasa.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Holocristalina, pilotáctica.

Mineralogía:

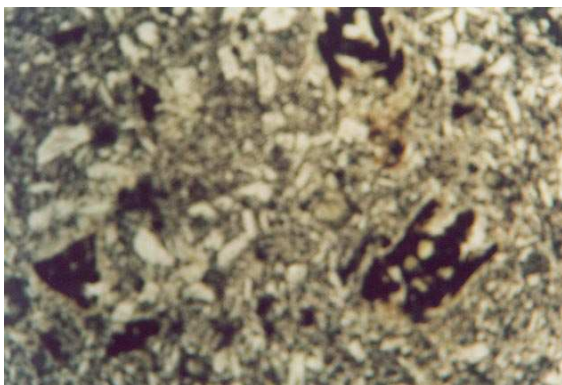
a) Minerales esenciales: Plagioclasa Ca

c) Minerales secundarios:

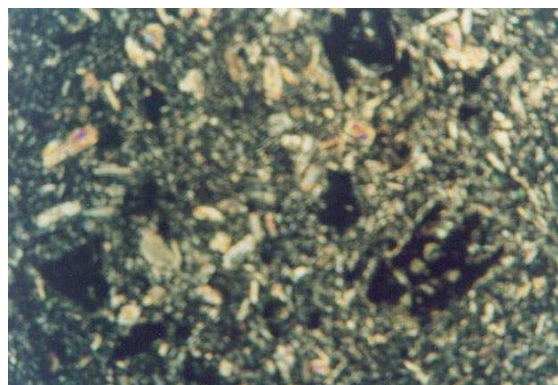
b) Minerales accesorios: Olivino alterado
Piroxenos

d) Matriz o cementante:

e) Caracteres especiales: Los fragmentos de cristales de plagioclasa son de forma equigranular predominante, subangulosos, su composición es cálcica. Los fragmentos de cristales de olivino son equigranulares, subangulosos a angulosos, en parte alterados a Iddingsita.



Luz natural, objetivo 2,5X. Fenocristales máficos.
Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 2,5X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Volcánica depositada en un medio lacustre en eventos esporádicos.

V.- CLASIFICACIÓN BASALTO DE OLIVINO

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV88-335

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Camino de brecha que parte del Km 124 hacia Tomellín.
Coordenadas 96° 57'00" W - 17° 45'13"N.

Descripción del afloramiento: Roca de color café claro, de textura fina, con estratificación poco marcada.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: *Light brownish gray* (5YR 6/1)

Estructura y textura: Clástica, capas delgadas (5 cm de espesor).

Minerales observables: Cuarzo, feldespatos y mica.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Clástica, de grano muy fino

Mineralogía:

a) Minerales esenciales: Feldespatos
Cuarzo
Líticos volcánicos

c) Minerales secundarios: Calcita
Sericita

b) Minerales accesorios:

d) Matriz o cementante: Minerales arcillosos

e) Caracteres especiales: Los fragmentos de cristales de feldespato son de forma equigranular predominante, angulosos a subangulosos, muestran alteración sericítica y tienen tamaño de hasta 2 mm. Los fragmentos de cristales de cuarzo, son de forma equigranular angulosa. La roca muestra clasificación deficiente, en parte, el CaCO_3 cubre a la matriz arcillosa.



Luz natural, objetivo 10X.

Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 10X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentaria depositada en un cuerpo de agua de energía moderada y con poco transporte.

V.- CLASIFICACIÓN ARCOSA LÍTICA

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV88-337

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Camino de brecha que sale del Km 124 hacia Tomellín.
Coordenadas 96° 57' 04" W - 17° 45' 12" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color café claro, bien consolidada, con estratificación poco marcada.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: *Pale brown* (5YR ⁵/₂)

Estructura y textura: Clástica, en capas medianas.

Minerales observables: Feldespatos, cuarzo.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Clástica, de grano fino

Mineralogía:

a) Minerales esenciales: Feldespatos
Cuarzo
Líticos

b) Minerales accesorios: Epidota
Circón

c) Minerales secundarios: Clorita

d) Matriz o cementante: Óxidos de fierro escasos.

e) Caracteres especiales: Los fragmentos de cristales de feldespato son de forma equigranular predominante, angulosos, muestran alteración clorítica y tienen tamaño de hasta 2 mm. Los fragmentos de cristales de cuarzo son de forma equigranular angulosa, en tamaño similar a los feldespatos. La biotita se presenta en cristales tabulares. La roca muestra clasificación moderada, los contactos son grano a grano.



Luz natural, objetivo 10X.

Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 10X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentaria depositada en un cuerpo de agua de energía moderada, cercano al área fuente.

V.- CLASIFICACIÓN ARCOSA

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV88-343a

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Valerio Trujano.

Coordenadas 96° 58'42" W - 17° 46'11"N.

Descripción del afloramiento: Roca de color verde claro, bien consolidada, con estratificación poco marcada.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: *Light olive gray (5Y 6/1)*

Estructura y textura: Clástica fina, de grano fino y estratificación delgada a mediana.

Minerales observables: Feldespatos, arcilla, no se observa cuarzo.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Clástica, de grano fino

Mineralogía:

a) Minerales esenciales: Plagioclasa
Feldespatos
Líticos

b) Minerales accesorios: Epidota
Circón

c) Minerales secundarios: Clorita.

d) Matriz o cementante: Minerales arcillosos y sericita.

e) Caracteres especiales: Los fragmentos de cristales de feldespato presentan alteración argilácea parcial, son de forma equigranular predominante, angulosos, y tienen tamaño de hasta 2 mm. Los fragmentos de líticos son metamórficos y de caliza, tienen forma equigranular angulosa, en tamaño similar a los feldespatos. Los minerales arcillosos y micas (clorita y sericita) componen la matriz en más de un 15%.



Luz natural, objetivo 10X.

Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 10X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentaria depositada en un cuerpo de agua de energía moderada, cercano al área fuente.

V.- CLASIFICACIÓN ARCOSA

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV88-398

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Km 121+900 de la Carretera, junto al Puente del Río Chiquito.
Coordenadas 97° 00' 37" W - 17° 52' 40" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color rosa, de estructura fina, medianamente compacta y textura piroclástica, dispuesta en capas laminares.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: Grayish red (5R 4/2)

Estructura y textura: Piroclástica, estratificación laminar.

Minerales observables: Vidrio en tamaño de ceniza, cuarzo, feldespatos.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Piroclástica, con tamaño de ceniza.

Mineralogía:

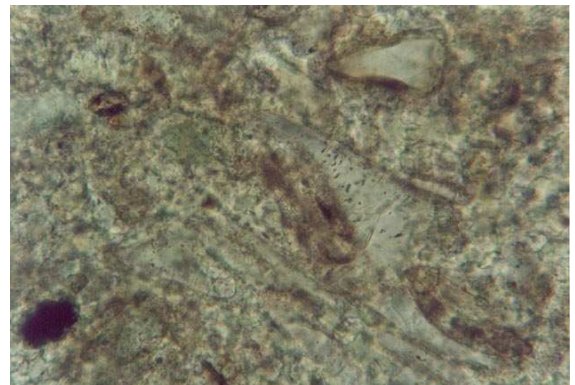
a) Minerales esenciales: Vidrio
Feldespatos
Cuarzo

c) Minerales secundarios: CaCO₃

b) Minerales accesorios:

d) Matriz o cementante:

e) Caracteres especiales: Los granos de vidrio tienen tamaño menor de 0,2 mm y forman el constituyente principal de la roca. Los fragmentos de cristales de feldespato son de forma equigranular predominante, subangulosos, de tamaño similar. Los fragmentos de cristales de cuarzo son de forma equigranular angulosa. Los granos de calcita son escasos.



Nicoles cruzados, objetivo 40X.

Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Vulcanosedimentaria? depositada en un medio subaéreo, con incorporación posterior de calcita secundaria.

V.- CLASIFICACIÓN TOBA VITREA DESVITRIFICADA RIOLÍTICA?

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV88-415

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Cuicatlán, salida a Pápalo.

Coordenadas 96°57'40" W - 17° 48'10"N.

Descripción del afloramiento: Roca de color rosa, de apariencia piroclástica, poco compacta, de textura fina y mostrando estratificación cruzada.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: *Pale red* (5R ⁶/₂)

Estructura y textura: Piroclástica o clástica, estratificación incipiente laminar.

Minerales observables: Cuarzo, feldespatos y biotita. Algo de carbonato de calcio como cementante.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Clástica, de grano muy fino

Mineralogía:

a) Minerales esenciales: Plagioclasas
Cuarzo

c) Minerales secundarios:

b) Minerales accesorios: Biotita

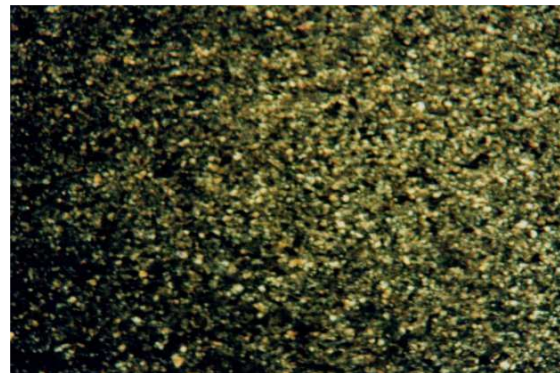
d) Matriz o cementante: Minerales arcillosos
Hematita.

e) Caracteres especiales: Los fragmentos de cristales de plagioclasa son de forma equigranular predominante, subangulosos, su tamaño es menor de 0,1 mm, presentan alteración sericítica. Los fragmentos de cristales de cuarzo son de forma equigranular angulosa. La roca muestra clasificación regular, la mica es más abundante que los cristales.



Luz natural, objetivo 2,5X

Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 2,5X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentaria depositada en un medio acuoso de baja energía, en condiciones oxidantes e incorporación posterior de calcita secundaria.

V.- CLASIFICACIÓN LUTITA O LODOLITA

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV88-444

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Camino a Tutepetongo. Al sur del área de estudio.
Coordenadas 96° 56' 19" W - 17° 44' 05" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color rojo claro, de estructura masiva, compacta y de textura fina, de apariencia piroclástica o clástica, intercalada entre paquetes limolíticos. Sitio de colecta de muestra para datación radiométrica.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: Pale red (10R 6/2)

Estructura y textura: Piroclástica o clástica, estratificación fina.

Minerales observables: La fracción cristalina se compone de cuarzo, feldespatos y mica en un 50-55%, la matriz es de color claro, fina.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Clástica, de grano fino.

Mineralogía:

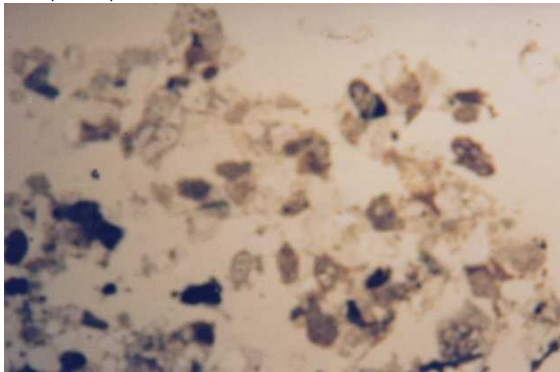
a) Minerales esenciales: Líticos metamórficos,
volcánicas y areniscas
Feldespatos
Cuarzo

c) Minerales secundarios:

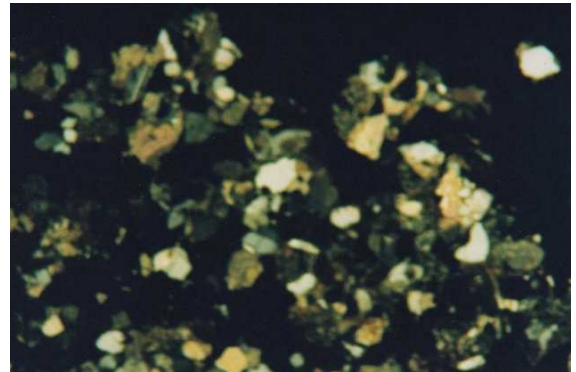
d) Matriz o cementante: Calcita
Óxidos de hierro

b) Minerales accesorios:

e) Caracteres especiales: Los líticos son de naturaleza diversa, sus formas son isodiamétricas y principalmente redondeados, los cristales de feldespato son isodiamétricos, subangulosos a angulosos y el cuarzo también se muestra en fragmentos subangulosos a angulosos. Están aglutinados por calcita y óxidos de hierro. Los fragmentos tienen tamaño de 0,2 a 1,0 mm.



Luz natural, objetivo 2,5X.
Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 2,5X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentaria depositada en un cuerpo de agua de baja energía.

V.- CLASIFICACIÓN ARCOSA

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV88-449

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Valerio Trujano.

Coordenadas 96° 58' 49" W - 17° 46' 12" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color verde, de estructura masiva a mediana, medianamente compacta y de textura fina a media, sobre estas capas se presentan horizontes de caliza lacustre.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: Fresca: *Greenish gray* (5G ⁶/₁); Intemperización: *Light olive gray* (5Y ⁶/₁)

Estructura y textura: Clástica, estratificación incipiente.

Minerales observables: Cuarzo translúcido y lechoso, y en menor cantidad feldespatos, líticos volcánicos y carbonato de calcio como cementante.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Clástica gruesa

Mineralogía:

a) Minerales esenciales: Líticos volcánicos
Feldespatos
Cuarzo

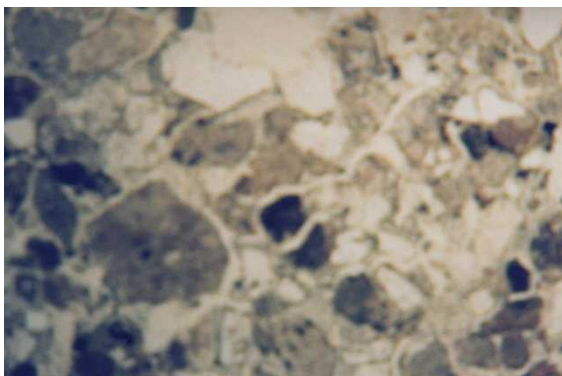
c) Minerales secundarios:

b) Minerales accesorios:

d) Matriz o cementante: Calcita

e) Caracteres especiales:

Los fragmentos de roca volcánica son de forma equigranular, subangulosos a subredondeados, con tamaño que varía de 0,2 a 0,4 mm. Los cristales de feldespato son de forma equigranular predominante, subangulosos, tienen tamaño que varía de 0,2 a 0,4 mm.



Luz natural, objetivo 2,5X.

Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 2,5X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentaria depositada en un medio acuoso de alta energía, con incorporación posterior de calcita.

V.- CLASIFICACIÓN ARCOSA

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV88-450

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Valerio Trujano.

Coordenadas 96° 58' 49" W - 17° 46' 29" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color verde claro, de estructura masiva, compacta y textura gruesa. Roca poco usual, predominan los componentes químicos calcáreos sobre los terrígenos.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: *Light olive gray* (5Y 6/1)

Estructura y textura: Química y Clástica, estratificación masiva.

Minerales observables: Espatita, microespatita o micrita, fragmentos de caliza, sílice, Feldespatos, fragmentos de roca volcánica y mica escasa.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Epiclástica, samítica de grano muy grueso. _

Mineralogía:

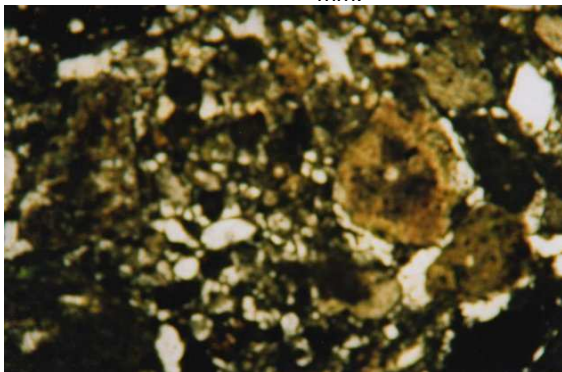
a) Minerales esenciales: Biomicrita
Espatita
Líticos metamórficos y volcánicos
Cuarzo
Feldespatos

c) Minerales secundarios:

d) Matriz o cementante: Pasta micrítica

b) Minerales accesorios:

e) Caracteres especiales: Los fragmentos cristalinos calcáreos constituyen un 60% de la roca, predomina la micrita sobre la espatita. Los líticos, son de naturaleza diversa, representan un 20% de la muestra, sus formas son principalmente equigranulares y su redondeamiento varía de subredondeado a subanguloso, su tamaño alcanza poco más de 1 mm. Los fragmentos de cristales de cuarzo son de forma equigranular angulosa, con tamaño de poco menos de 2 mm.



Luz natural, objetivo 2,5X.
Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 2,5X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentaria depositada en un medio acuoso de baja energía y alta concentración de carbonato de calcio.

V.- CLASIFICACIÓN CALIZA HÍBRIDA, ARENO-CONGLOMERÁTICA

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV88-451

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Valerio Trujano.
Coordenadas 96° 58' 52" W - 17° 46' 47" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color pardo a rojo, de estructura masiva, de lahar, compacta y textura gruesa, los fragmentos son angulosos y de tamaño de guijarros y bloques.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: Grayish red (5R ⁴/₂)

Estructura y textura: Piroclástica, estratificación no evidente.

Minerales observables: Líticos, en la matriz vidrio de tamaño de la ceniza.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Piroclástica de grano fino

Mineralogía:

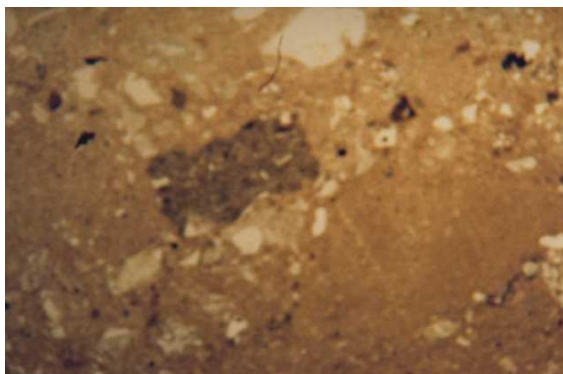
a) Minerales esenciales: Vidrio
Feldespatos
Cuarzo

c) Minerales secundarios:

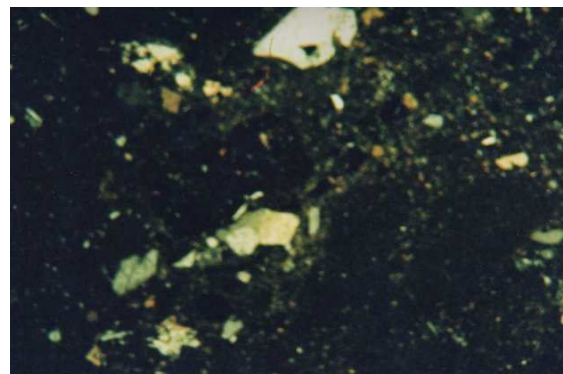
b) Minerales accesorios:

d) Matriz o cementante: Minerales arcillosos

e) Caracteres especiales: Los fragmentos de feldespatos tienen formas equigranulares y su redondeamiento varía de subredondeado a subanguloso, su tamaño es menor de 0,1 mm. Los fragmentos de cristales de cuarzo son de forma equigranular angulosa, con tamaño similar. Predomina el vidrio.



Luz natural, objetivo 2,5X.
Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 2,5X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Volcanoclástica fina depositada en un medio subacuoso de energía moderada.

V.- CLASIFICACIÓN TOBA VÍTRICO-CRISTALINA ANDESÍTICA?

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV88-456

I.- DATOS DE CAMPO

Muestra Nº: FV88-456

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Camino suroccidental a Ixcatlán (Jocotipac).

Coordenadas 97° 00' 52" W - 17° 48' 43" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color verde claro, dispuesta en capas medianas a gruesas, compacta y de textura fina.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: *Grayish yellow green (5GY 7/2)*

Estructura y textura: Clástica de grano fino, estratificación mediana a gruesa.

Minerales observables: Cuarzo, plagioclasa sódica, y algo de biotita, y escaso carbonato de calcio como cementante.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Clástica de grano fino

Mineralogía:

a) Minerales esenciales: Feldespatos
Líticos metamórficos
Cuarzo

c) Minerales secundarios:

b) Minerales accesorios: Biotita

d) Matriz o cementante: Minerales arcillosos y óxidos

e) Caracteres especiales:

Los fragmentos de feldespatos son de forma equigranular, subangulosos a angulosos, con tamaño menor de 0,15 mm. Los líticos son de gneis cuarzofeldespático, equigranulares y subangulosos. Los cristales de cuarzo son de forma equigranular predominante, angulosos, tienen tamaño similar. La biotita es abundante y los minerales arcillosos constituyen más de 15% y están argilizados.



Luz natural, objetivo 2,5X.
Tamaño original de la micrografía 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 2,5X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentaria depositada en un medio acuoso de energía media.

V.- CLASIFICACIÓN ARCOSA

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Sección principal de referencia de la Formación Tomellín

En el apartado de Consideración Histórico-Taxonómico-Nomenclatural se indicó la necesidad de formalizar esta unidad, por ello se designó la Localidad tipo, con atención específica al criterio de accesibilidad, sin embargo, no se encontró un sitio que cumpla todos los requisitos de una Sección de Referencia de acuerdo con lo establecido en el Código Estratigráfico Norteamericano [Art. 8 (e)], por lo cual se midió una Sección de Referencia Principal.

Esta sección se muestra en el Plano 1 (Sección Medida 2), su rumbo es S32°W, con dirección perpendicular al rumbo de capa; desciende desde la cima del Cerro del Gallo, por la ladera suroeste, localizado a unos 600 m al sureste del poblado Estación Tomellín y termina en la base de este cerro.

Unidad		Espesor (m)
s/n	Formación Cuicatlán: Conglomerado polimíctico de grava pequeña; está constituido por fragmentos redondeados de rocas metamórficas y calizas; bien consolidado (espesor de 66 cm) y limolita arenosa de color rojo, bien consolidada (espesor de 6,00 m). En la cima del cerro, se tienen 30 cm de depósitos coluviales.	
1	Arenisca tobácea fina, de color gris, bien consolidada, laminar y arenisca granular, de grano grueso, con estratificación cruzada. _____	1,30
2	Limolita arcillosa, de color blanco a púrpura, deleznable. _____	3,28
3	Arenisca de grano grueso y conglomerado, con estratificación cruzada, mediana a bien consolidada. _____	0,60
4	Limolita arcillosa, de color rojo claro, deleznable. _____	0,55
5	Toba fina de flujo de ceniza, bien consolidada. Contiene una intercalación de arenisca tobácea con espesor de 22 cm. _____	3,10
6	Arenisca tobácea fina, de color blanco, bien consolidada. _____	0,22
7	Limolita de color púrpura, poco consolidada, laminar. Contiene un lente con espesor de 10 cm, de arenisca tobácea de color blanco. _____	1,20
8	Toba vítrica, de color gris claro, poco consolidada. _____	0,10
9	Limolita arcillosa, de color rojo claro, medianamente consolidada, laminar.	0,85
10	Toba de color blanco verdoso, rica en vidrio y pómez, está muy poco consolidada. _____	0,50
11	Limolita de color púrpura, moderadamente consolidada, con estratificación laminar. Contiene un lente de 10 cm de espesor de toba fina o arenisca tobácea de color verde, laminar. _____	1,34

12	Limolita arcillosa, de color rojo ladrillo, poco consolidada, laminar, con zonas de óxidos de fierro. Contiene restos de vertebrados fósiles. _____	1,08
13	Limolita arcillosa y ceniza, de color gris, deleznable, muy gruesa y estratificación poco definida. _____	2,58
14	Arenisca de grano medio, de color rosa, con estratificación cruzada, medianamente consolidada, dispuesta en estratos laminares. _____	4,30
15	Arenisca de color rojo a gris claro, deleznable, con estratificación incipiente. _____	0,82
16	Arenisca de grano grueso y conglomerado granular, de color rosa, muy sucios, con partes de matriz con selección muy pobre, muestran estratificación cruzada, con estratos masivos a finos; por su buena consolidación, forman cantiles. _____	2,04
17	Arenisca tobácea, de color rojo pálido, poco consolidada. Tiene un lente de arenisca tobácea, de color verde, bien consolidada, a unos 50 cm arriba del contacto inferior de la unidad, con espesor de 8,5 cm. _____	2,00
18	Arenisca fina, de color rosa, medianamente consolidada y dispuesta en estratos laminares. _____	0,50
19	Arenisca fina y limolita tobáceas, con porciones de arcilla, de color rosa, con porciones verdes, están poco consolidadas, con estratificación incipiente a laminar. _____	16,80
	Depósitos aluviales: arenisca de grano fino y gravilla, de color gris claro, no consolidados, en el valle. Fin de sección.	
	Total medido _____	43,16

III.5 Formación Cuicatlán

Consideración Histórico-Taxonómico-Nomenclatural

Como se ha mencionado, Barrera (1946, p. 20, 21, 23, 26 y Plano 1) utilizó los términos: Formación "Cuicatlán", Formación gris de "Cuicatlán", "Serie Cuicatlán", Formación Cuicatlán y Conglomerado rojo serie "Cuicatlán", para hacer referencia a la misma unidad estratigráfica que describe, como (Barrera, *op. cit.*, p. 20) compuesta por: "... estratos compactos de areniscas y conglomerados que descansan sobre brechas. El material que los constituye es preferentemente de naturaleza gnéisica y está cementado por gran cantidad de óxido de hierro". Tiene un "... espesor aproximado de 40 m, en el cauce del Río Chico", posteriormente agrega (p. 23) que esta unidad incluye "conglomerados rojo-oscuros", que son (p. 24) "gnéisicos y esquistosos". En su Plano 1, esc. 1:200 000, extiende en forma amplia a esta unidad hacia el norte, hasta el paralelo 18° N y hacia el sur hasta al paralelo 17°37' N; es decir, mucho más allá del área Cuicatlán Tecomavaca y también hacia el occidente del Río Grande.

Debido a que la descripción del autor no se ajusta a la práctica geológica de esa época (cf. Asheley *et al.*, 1933), y que la intención declarada era "... que el estudio por realizar llegara a la mente de todo viajero, independientemente de sus aficiones y cultura, y por esto intencionalmente se descartó todo plan de elaborada especialización geológica..." (Barrera, *op. cit.*, p.1); es claro que su unidad estratigráfica, designada entre otros nombres como "Serie Cuicatlán" es, cuando mucho, una unidad informal. Sin embargo, esta "unidad estratigráfica" (concebida como formada exclusivamente por un conglomerado), como se mencionó y discutió ampliamente en la literatura geológica de la región centromeridional de México, se puede decir que está "fijada". Por ello, aunque en rigor procede abandonarla (Art. 20, NACSN, *op. cit.*), se prefirió redefinirla de manera formal en los términos establecidos al principio. De esta manera, se preserva la estabilidad respecto a la nomenclatura y se conservó lo mejor de la contribución de Barrera (1946).

Delgado-Argote (1988, p. 129 y 130) cartografió una porción del oriente de esta unidad, al noreste de Cuicatlán, de manera informal le llamó en su plano "Lechos rojos molásicos" y en el texto lo describió con "Lechos Rojos".

Para esta unidad, también se consideró inaceptable asignarla a la llamada Formación Huajuapán (la cual aflora en la Mixteca Oaxaqueña), a unos 70 km al oeste del área Tecomavaca-Cuicatlán, ya que al presente no se ha demostrado la continuidad física entre las secuencias terciarias de ambas áreas, tal como lo hicieron Espinosa-López (1972) y Sánchez-Martín (1985).

Finalmente, el Conglomerado Cuicatlán que define Centeno-García (1989, p. 46) no es el mismo que la “Serie Cuicatlán” de Barrera (1946), como lo señala la autora, quien emplea este nombre para incluir a “... los diferentes cuerpos conglomeráticos, genéticamente relacionados entre sí, tal vez interdigitados que cubren a las unidades de depósitos lacustres y se distribuyen exclusivamente en la margen occidental del valle de Tehuacán y la región de La Cañada, en la base del frente montañoso de las sierras de Zongolica, Mazateca y de Juárez”.

En la descripción realizada por Centeno-García (*op. cit.*, p. 46-49 y lám. 3 y 4) agrupa a los cuerpos litoestratigráficos relacionados genéticamente y señala gran variedad litológica, pero no indica en qué consiste la relación genética de los cuerpos conglomeráticos; tampoco indica que se incluyen cuerpos de areniscas, ni se menciona más su posible interdigitación y en la parte sur de La Cañada (aproximadamente entre los paralelos 17°25' y 17°36' Lat. N), esta unidad ocupa también el margen occidental, como se muestra en la lámina 4 de esta autora (*loc. cit.*). Cabe mencionar que se contradicen la mayoría de los criterios usados en la definición y por ello, la propuesta realizada de esta unidad queda abierta ampliamente para cuestionamientos. Por otra parte, tampoco es exacto que esta unidad aparezca sólo en la base del frente montañoso de las sierras mencionadas (según se indica más adelante) y como las relaciones estratigráficas fueron incorrectamente interpretadas, se decidió no emplear esta entidad litoestratigráfica y considerarla inválida, por los errores y contradicciones antes mencionados; así como por no satisfacer el requisito esencial de la publicación; por lo tanto es necesario abandonarla (NACSN, 1983, Art. 20).

Redefinición, ubicación, extensión y expresión geomorfológica

Redefinición

Se propone designar como Formación Cuicatlán al cuerpo estratigráfico constituido por un conglomerado granular gravoso a arenisca mediana a gruesa y una brecha, ambos, inmaduros constituidos principalmente por rocas metamórficas; de color rojo “ladrillo”, en estratos gruesos; que afloran en la porción centro-suroccidental del área; los cuales forman parcialmente las zonas baja y media del frente montañoso de la Sierra de Juárez; cubre discordantemente a la Formación Tomellín, al Complejo Metamórfico y su parte inferior está cubierta por la Filarenita Quiotepec, mientras que sus niveles superiores se interdigitan con esta misma unidad; su espesor puede alcanzar 600 m; su edad es terciaria postmiocénica media. El nombre corresponde al poblado San Juan Bautista Cuicatlán, en cuyas inmediaciones, unos 500 m hacia el oriente, aflora esta unidad, en un enorme cantil que separa a la depresión de la sierra y que se designa como Localidad tipo (Figura 26).



Figura 26. Cantiles al oriente del poblado Cuicatlán, Localidad Tipo de la formación del mismo nombre (b). Estas rocas descansan en contacto discordante sobre la Formación Tomellín (a) y fosa formada por estructuras de orientación NE.

Ubicación y extensión

La Formación Cuicatlán aflora en la porción centrosuroriental de la depresión, donde forma una faja paralela a ésta, al Este del poblado homónimo. El miembro conglomerático arenoso se presenta hacia el Oeste y el brechoso hacia el Este. Dentro del área Tecomavaca-Cuicatlán, la mitad septentrional del cuerpo estratigráfico tiene una longitud (norte-sur) de aproximadamente 7 km, con una anchura promedio de 3 km para el miembro conglomerático y de 1 km para el brechoso, en tanto que en su prolongación meridional la longitud aproximada es de 7 km, por 0,5 de anchura del miembro conglomerático y 4 km del brechoso, que representa una superficie total próxima a los 60 km² (es decir, aproximadamente un 12% del total del área), la unidad se extiende unos 12 a 14 km fuera de la superficie cartografiada, hacia el Sur, hasta Santiago Domingullo y de ahí, continúa unos 8 km más, hasta quedar en contacto con calizas cretácicas.

Expresión geomórfológica

Esta unidad forma la cuesta de la parte inferior (miembro conglomerático) y media (miembro brechoso) del frente montañoso de la Sierra de Juárez, que localmente puede ser muy escarpado (con cantiles), pero que frecuentemente se expresa como lomeríos bajos. Las rocas de la Formación Cuicatlán aparecen entre los 600 y los 1500 msnm, en su parte norte y entre los 700 y 1500 en su porción sur. Su color rojo ladrillo, su estructura geológica y su relativa resistencia a la erosión, forma un rasgo prominente y característico del paisaje cuicateco (Figura 27). Los ríos Chiquito, Cacahuatal y Sendo, son las principales corrientes que cruzan esta unidad.

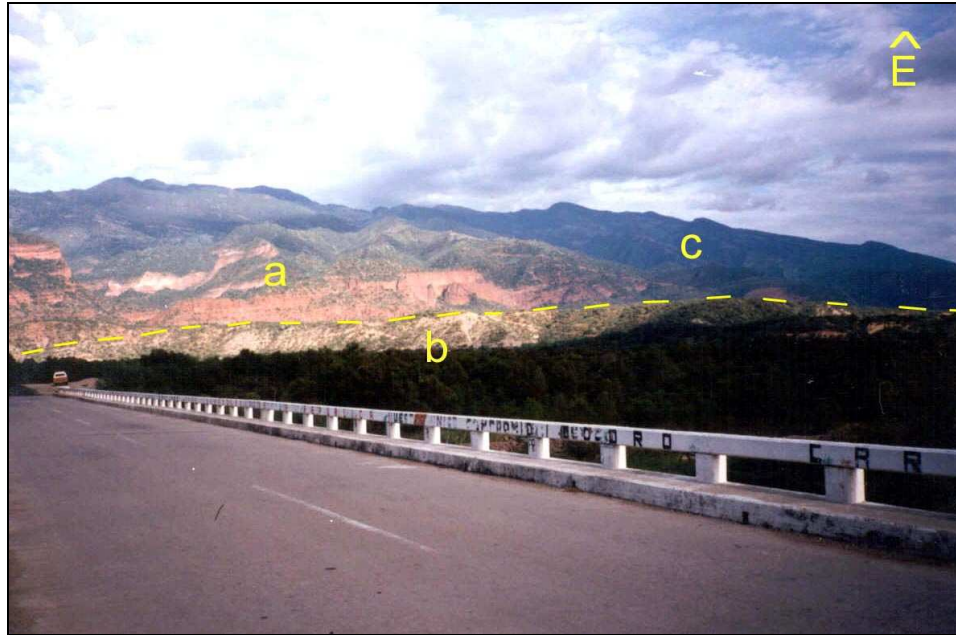


Figura 27. Cuerpos rocosos de la Formación Cuicatlán (a) en la porción baja y media del frente montañoso de la Sierra de Juárez, descansa sobre la Formación Tomellín (b), en primer plano; al fondo, en la zona alta, destacan las rocas del Complejo Metamórfico (c).

Subdivisión litoestratigráfica informal: Miembros Conglomerático y Brechoso

Miembro Conglomerático

Está constituido en su mayoría por conglomerados polimícticos con fragmentos de roca metamórfica, volcánica y caliza, intercalaciones de areniscas gruesas con gránulos y gravas, así como algunos horizontes de areniscas de grano fino, hematizadas, cementadas por carbonato de calcio, inmaduras, en los cuales los fragmentos de roca metamórfica son más evidentes; aunque, también hay fragmentos de rocas volcánicas y calizas, en una matriz arenosa de composición similar. En algunas zonas hay cantidades importantes de feldespatos, además de hematina, la cual está en pequeños granos dispersos y rodeando a algunos clastos. La principal estructura primaria observada es la estratificación gruesa. Aparentemente forman la parte inferior de la Formación Cuicatlán y se presentan en la parte baja de la Sierra de Juárez; esta unidad presenta un espesor de cerca de 180 m y puede alcanzar 400 m, al oriente de Cuicatlán; descansa discordantemente sobre la Formación Tomellín y muestra cambios transicionales con el Miembro Brechoso, está cubierta discordantemente por la Filarenita Quiotepec al norte del área y también muestra contactos laterales con esta unidad.

Litología

Está representada por varios conglomerados: conglomerado gravoso de cantos (Figura 28); conglomerado de grava; conglomerado de gránulos, así como areniscas de grano grueso a mediano y con menos frecuencia, de grano fino, constituido principalmente por fragmentos de rocas metamórficas. Los clastos mayores están contenidos en una matriz de grava, gránulo, arena y limo, que tienen la misma composición mineralógica. El color predominante del afloramiento es rojo grisáceo a pardo rojizo oscuro, pero las muestras frescas tienen coloraciones grisáceo-verdosas ocasionadas por la presencia de minerales máficos muy poco oxidados. Megascópicamente, la composición de los sedimentos es exclusivamente de rocas metamórficas; sin embargo, en la fracción fina, las láminas delgadas permiten observar que la roca es una litarenita o un conglomerado formados por fragmentos con una frecuencia similar de caliza, rocas metamórficas y volcánicas (muestras FV88-419E, 420, FV90-191b y 215); en las fracciones menores, el cuarzo policristalino de extinción fuertemente ondulante es uno de los componentes principales, también hay zonas con alto contenido de feldespato (Muestra FV88-442).



Figura 28. Cuerpos de conglomerados y areniscas de la Formación Cuicatlán, en las inmediaciones de este poblado.

En las areniscas finas el color es abigarrado a “jaspeado”, con manchas de color gris rojizo que alternan en forma irregular con otras de color pardo claro, lo que indica una oxidación diferencial, que señala la heterogeneidad en su composición. En la matriz se puede observar calcita intersticial diagenética en baja proporción (muestras FV88-441, FV90-212, 213 y 214).

El conglomerado tiene un soporte de grano grueso y la hematina, con frecuencia, está dispersa sin constituir un verdadero cementante. Estas variedades en general ocurren en las partes más alejadas del Complejo Metamórfico, que corresponde a la parte estratigráfica inferior y también aparecen de manera irregular en otras partes de la formación.

Miembro Brechoso

Lo forma una brecha a conglomerado brechoso de bloques, guijarros y gravas, inmaduro en el que son más numerosos los fragmentos de roca metamórfica, aunque también contiene rocas volcánicas y calizas. Los clastos mayores están dispuestos en una matriz de grava, gránulo, arena y limo que tiene la misma composición mineralógica; es decir, la mineralogía es burdamente, similar a la del Miembro Conglomerático y la diferencia es textural. La principal estructura primaria observada es la estratificación gruesa o muy gruesa. Aparentemente forma la parte superior de la Formación Cuicatlán y se presenta principalmente en las áreas próximas al Complejo Metamórfico, en la parte media de la Sierra de Juárez. Tiene un espesor de cerca de 200 m, al oriente de Cuicatlán, donde descansa en forma discordante sobre la Formación Tomellín y tiene cambios transicionales con el Miembro Conglomerático. Al norte del área, está cubierto discordantemente por la Filarenita Quiotepec.

Litología



Figura 29. Cuerpos de brecha sedimentaria de la Formación Cuicatlán, en el camino que comunica los poblados Cuicatlán y Concepción Pápalo.

También existen variedades líticas, formadas por una brecha a brecha conglomerática de bloques, guijarros y gravas, inmadura constituida por rocas metamórficas (Figura 29). La composición mineralógica es la misma de las rocas conglomeráticas (muestras FV88-421, 425 y FV90-217). Los clastos mayores son angulosos y según su composición son isodiamétricos, si están constituidos por esquistos de granoblastos medianos a gruesos, o de roca verde; y aplanados o alargados, si son de esquistos de granoblastos pequeños, aunque también pueden presentar abundante cantidad de micas.

Los clastos menores están, en general, subredondeados. Los granos de la matriz varían mucho en tamaño, tienen bordes angulosos y en conjunto denotan gran inmadurez textural. En los clastos mayores pueden reconocerse esquistos de clorita y cuarzo, esquistos de biotita, filitas, roca verde y en general, presentan la composición del Complejo Metamórfico con el cual, esta unidad tiene una relación discordante y tectónica. Esta variedad lítica se encuentra principalmente en las áreas próximas al Complejo Metamórfico, es decir, en la parte alta del frente montañoso, que corresponde estratigráficamente a las partes alta y media de la unidad.

Fuera del área, hacia el sur, sobre el km 145,5 de la Carretera Federal 131, en dirección a Telixtlahuaca, las brechas contienen, además de rocas metamórficas, mayor cantidad de clastos de caliza. Este afloramiento se encuentra sobre la extensión meridional de la unidad, sobre la Secuencia Calcárea Cretácica.

La estratificación es gruesa, pero en las zonas con mayor cantidad de fragmentos del tamaño de la arena las capas son medianas a delgadas.

Espesor e interpretación genético-ambiental

Espesor

El espesor de esta unidad varía de 0 a aproximadamente 600 m (Plano 2).

Interpretación genético-ambiental

Las características de los sedimentos de la Formación Cuicatlán, tales como el tamaño dominante de gránulos y arena gruesa, morfología, grado de redondez, pobre clasificación y estratificación gruesa, indican un ambiente sedimentario fluvial, con mayor aproximación a abanicos aluviales coalescentes depositados al pie, o relativamente cerca de un macizo montañoso, muy probablemente constituido por el Complejo Metamórfico, cuya rápida elevación y fuerte erosión posterior al Mioceno Medio, produjo el gran volumen de sedimentos inmaduros que forman los abanicos.

Relaciones Estratigráficas

El contacto inferior de esta unidad se observa en forma discordante sobre la Formación Tomellín, en la base del cantil del oriente de Cuicatlán y al inicio del camino de esta población a Quiotepec. En el sur del área, también se observa en el camino que conduce a Tutepetongo y que sale de la carretera, cerca del puente sobre el Río Grande; o inmediatamente fuera del área de estudio, en la Subestación Eléctrica Cuicatlán, así como en el cerro del Gallo, en Tomellín.

También fuera de ella, tiene contacto tectónico con el Complejo Metamórfico, en el km 76,4 de la Carretera Federal 131 (cerca del Los Cues, unos 5 km al norte del límite septentrional del área), donde el afloramiento de las brechas de la Formación Cuicatlán cubre discordantemente al Complejo Metamórfico. Y en un afloramiento en el km 145,5, de la carretera, la brecha cubre discordantemente a la Secuencia Calcárea Cretácica.

En el camino Cuicatlán a Quiotepec, se observa una interdigitación entre esta unidad y la Filarenita Quiotepec; sin embargo, la Filarenita Quiotepec también cubre transicionalmente a las brechas de la Formación Cuicatlán, en el arroyo que corre en la Barranca Chile, en la porción septentrional del área de estudio, a unos 250 m al oriente del puente que se ubica en el km 83,7 de la Carretera 131.

Paleontología

No se encontraron fósiles en la Formación Cuicatlán.

Edad y Correlación

Edad

Debido a que no se encontraron fósiles, no se puede precisar objetivamente la edad de esta formación, sin embargo, por su posición estratigráfica es claramente posterior a la Formación Tomellín, referible al Mioceno Medio y por ello su edad es post-miocénica media.

Correlación

Tomando en cuenta lo ya señalado para el caso de la Formación Tomellín, no existen evidencias que permitan la correlación de la Formación Cuicatlán.

A continuación se presentan los estudios petrográficos y la sección principal de referencia de esta unidad:

Estudios petrográficos de muestras de la Formación Cuicatlán

Muestra: FV88-419e

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: La Tijera, Camino Cuicatlán - Quiotepec.
Coordenadas 96° 57' 38" W - 17° 48' 54" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color pardo a rojo, de estructura masiva, compacta y textura gruesa (gránulos y gravas).

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: Grayish red (10R ⁴/₂)

Estructura y textura: Clástica, estratificación incipiente.

Minerales observables: Líticos metamórficos (esquisto cuarzofeldespático de clorita), cuarzo lechoso y como matriz arenisca mediana a gruesa, hematita como barniz y algo de carbonato de calcio.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Clástica, rudácea de grano grueso

Mineralogía:

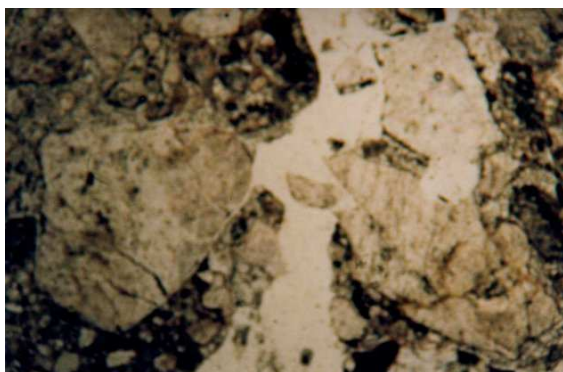
a) Minerales esenciales: Líticos metamórficos, de caliza, de volcánica y de arenisca
Feldespatos
Cuarzo

c) Minerales secundarios: CaCO₃

d) Matriz o cementante: Minerales arcillosos
Hematita

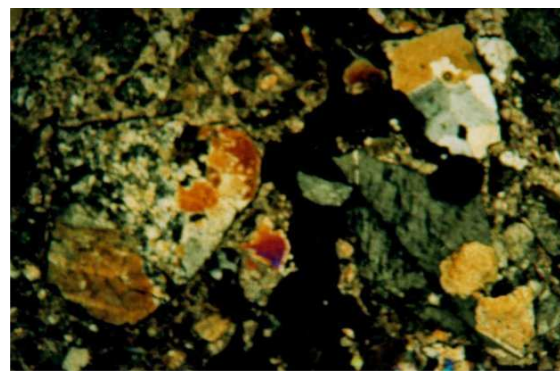
b) Minerales accesorios: Biotita

e) Caracteres especiales: Los fragmentos líticos son de naturaleza diversa, sus formas son principalmente equigranulares y su redondeamiento varía de subanguloso a anguloso, su tamaño varía de 3 mm a 10 mm. Los fragmentos de cristales de feldespato son de forma equigranular predominante, subangulosos, su composición es sódica, muestran deformación cataclástica y alteración sericítica. Los fragmentos de cristales de cuarzo son de forma equigranular angulosa. La roca muestra deficiente clasificación y conserva algunos minerales de una matriz limo-arcillosa original.



Luz natural, objetivo 2,5X

Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 2,5X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentaria depositada en un medio acuoso de alta energía, en condiciones oxidantes e incorporación posterior de calcita secundaria.

V.- CLASIFICACIÓN CONGLOMERADO POLIMÍCTICO

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV88-420

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: La Tijera, Camino Cuicatlán - Quiotepec.
Coordenadas 96° 57' 41" W - 17° 49' 02" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color pardo a rojo, de estructura masiva, muy compacta y textura predominantemente fina. De la porción gruesa de una zona de aparente relleno, donde ésta parece representar la sedimentación y la fina, erosión.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: *Moderate reddish brown* (10R ⁴/₆)

Estructura y textura: Clástica, estratificación no evidente.

Minerales observables: Cuarzo lechoso, líticos metamórficos y escasos máficos y micas. No hay carbonato de calcio.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Clástica, 70% de grano muy fino y arena gruesa 30%

Mineralogía:

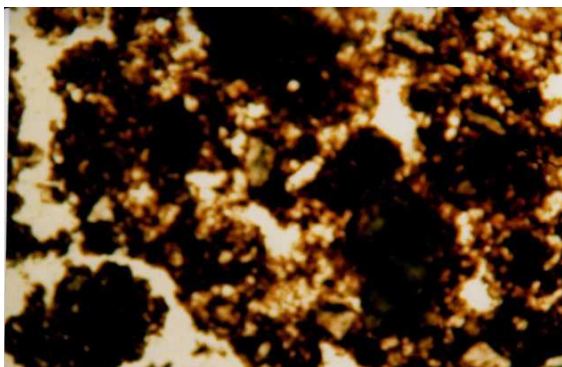
a) Minerales esenciales: Líticos metamórficos y de arenisca
Cuarzo

c) Minerales secundarios:

b) Minerales accesorios: Biotita

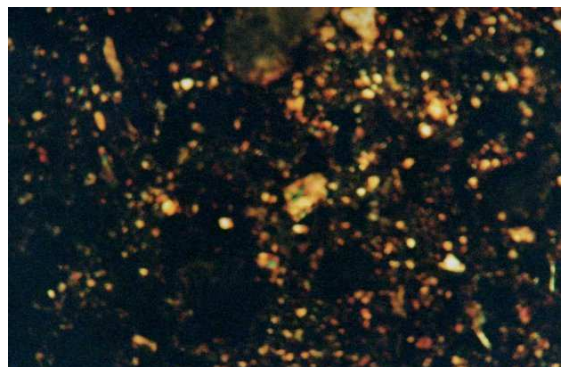
d) Matriz o cementante: Minerales arcillosos
Hematita

e) Caracteres especiales: Los fragmentos líticos son de gneis cuarzofeldespático y de arenisca, sus formas son principalmente equigranulares, subangulosos, constituyen un 75% y el tamaño de la fracción gruesa varía de 1 a 3 mm. No se observan feldespatos. Los fragmentos de cristales de cuarzo son policristalinos, equigranulares y angulosos. La roca muestra deficiente clasificación y conserva algunos minerales de una matriz limo-arcillosa original.



Luz natural, objetivo 2,5X

Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 2,5X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentaria depositada en un medio acuoso de baja energía, pero próximo al área fuente.

V.- CLASIFICACIÓN LITARENITA CONGLOMERÁTICA

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV88-421

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: La Tijera, Camino Cuicatlán - Quiotepec.

Coordenadas 96° 57' 43" W - 17° 49' 23" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color pardo a rojo "ladrillo", de estructura masiva, compacta y textura predominantemente fina. De la porción fina de una zona de aparente relleno, donde la porción más gruesa parece representar la sedimentación y la fina, erosión.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: Moderate reddish brown (10R 4/6)

Estructura y textura: Clástica, estratificación débil.

Minerales observables: Líticos metamórficos, cuarzo policristalino, minerales arcillosos y hematita.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Clástica, samítica de grano medio a fino

Mineralogía:

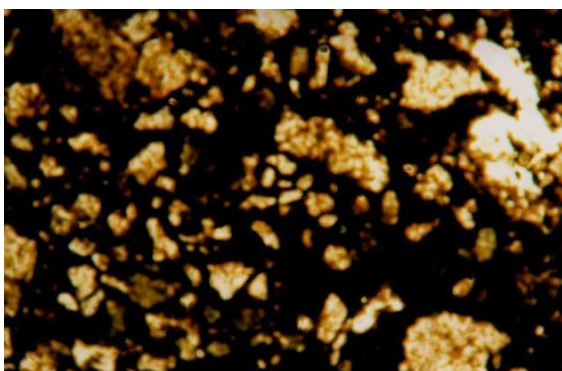
a) Minerales esenciales: Líticos metamórficos
Plagioclasas
Cuarzo

c) Minerales secundarios:

b) Minerales accesorios: Biotita

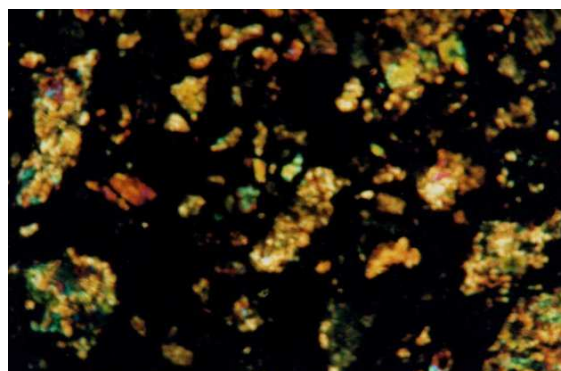
d) Matriz o cementante: Minerales arcillosos
Hematita.

e) Caracteres especiales: Los fragmentos líticos son de gneis cuarzofeldespático y ortocuarcita, sus formas son principalmente equigranulares y su redondeamiento varía de subanguloso a anguloso, su tamaño es mayor de 0,5 mm. Los fragmentos de cristales de plagioclasa son de forma equigranular predominante, subangulosos, su composición es sódica y cálcica, muestran alteración sericítica. Los fragmentos de cristales de cuarzo son de forma equigranular angulosa. La roca muestra deficiente clasificación y conserva cerca de 25% de minerales de una matriz limo-arcillosa original.



Luz natural, objetivo 2,5X

Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 2,5X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentaria depositada en un medio acuoso de baja energía, pero cercana al área fuente.

V.- CLASIFICACIÓN LITARENITA CONGLOMERÁTICA

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV88-425

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Camino Cuicatlán - Quiotepec.
Coordenadas 96° 58' 25" W - 17° 49' 54" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color pardo a rojo "ladrillo", de estructura masiva, muy compacta y de textura fina a muy fina.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: Moderate reddish brown (10R 4/6)

Estructura y textura: Clástica, estratificación no evidente.

Minerales observables: Líticos metamórficos, cuarzo, minerales arcillosos, y muy escasos, mica y feldespatos.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Clástica, de grano muy fino

Mineralogía:

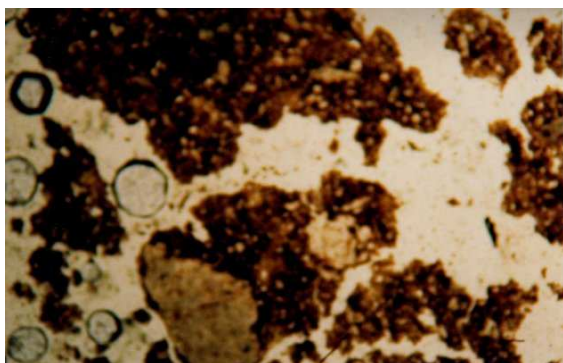
a) Minerales esenciales: Líticos ígneos y de biomicritas
Plagioclasa
Cuarzo

b) Minerales accesorios: Biotita

c) Minerales secundarios:

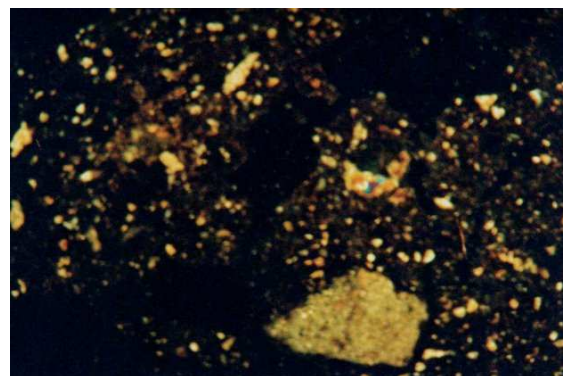
d) Matriz o cementante: Minerales arcillosos
Hematita

e) Caracteres especiales: Los fragmentos líticos son de ígneas y de biomicritas, sus formas son principalmente equigranulares y su redondeamiento varía de subanguloso a anguloso, su tamaño varía de 0,3 mm a 0,5 mm. Los fragmentos de cristales de plagioclasa son de forma equigranular predominante, subangulosos, su composición es sódica y cálcica, muestran alteración sericitica. Los fragmentos de cristales de cuarzo son de forma equigranular angulosa. La roca muestra deficiente clasificación y conserva más de un 15% de minerales de una matriz limo-arcillosa original.



Luz natural, objetivo 2,5X

Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 2,5X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentaria depositada en un medio acuoso de baja energía, cuya área fuente está cercana.

V.- CLASIFICACIÓN LITARENITA CONGLOMERÁTICA

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV88-441

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Oriente de Cuicatlán, camino al cerro Campanario.
Coordenadas 96° 57' 03" W - 17° 48' 01" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color pardo a rojo, de estructura masiva, compacta y textura gruesa.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: Grayish red (10R 4/2)

Estructura y textura: Clástica, estratificación débil.

Minerales observables: Líticos metamórficos, cuarzo lechoso y carbonato de calcio.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Clástica, de grano fino

Mineralogía:

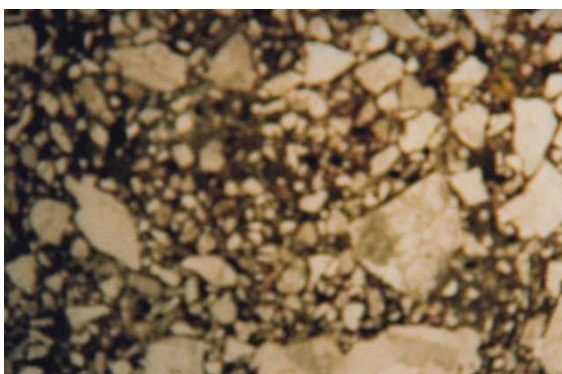
a) Minerales esenciales: Líticos metamórficos
Cuarzo

b) Minerales accesorios:
Biotita

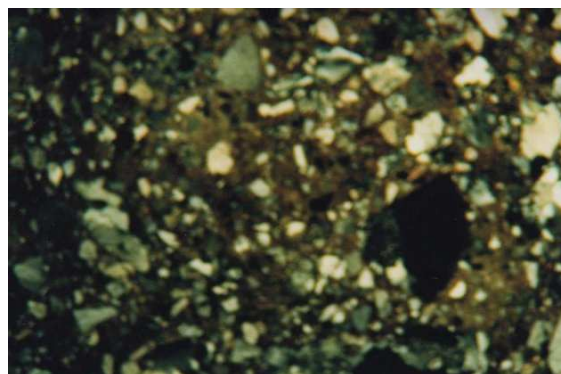
c) Minerales secundarios:

d) Matriz o cementante: Minerales arcillosos
Calcita

e) Caracteres especiales: Los fragmentos líticos son de gneis cuarzofeldespático y ortocuarcita, sus formas son principalmente equigranulares y su redondeamiento es subanguloso, su tamaño es menor de 0,3 mm. Los fragmentos de cristales de cuarzo son de forma equigranular, subangulosa. La roca muestra deficiente clasificación y presenta abundante calcita y porosidad alta (tal vez se produjo en la elaboración de la lámina).



Luz natural, objetivo 10X.
Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados natural, objetivo 10X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentaria depositada en un medio acuoso de baja energía e incorporación posterior de calcita secundaria.

V.- CLASIFICACIÓN LITARENITA CON CEMENTO CALCÁREO

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV88-442

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Oriente de Cuicatlán, camino al cerro Campanario.

Coordenadas 96° 57' 03" W - 17° 48' 01" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color pardo a rojo, de estructura masiva, muy compacta y con textura gruesa.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: Fresco: *Pale red purple* (5RP ⁶/₂); Intemperización: *Pale brown* (5YR ⁵/₂)

Estructura y textura: Clástica, estratificación incipiente.

Minerales observables: Líticos metamórficos, cuarzo lechoso y traslúcido, feldespato, escasa mica y minerales arcillosos.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Clástica, samítica de grano fino

Mineralogía:

a) Minerales esenciales: Líticos metamórficos, areniscas

Feldespatos

Cuarzo

Plagioclasa

Biotita

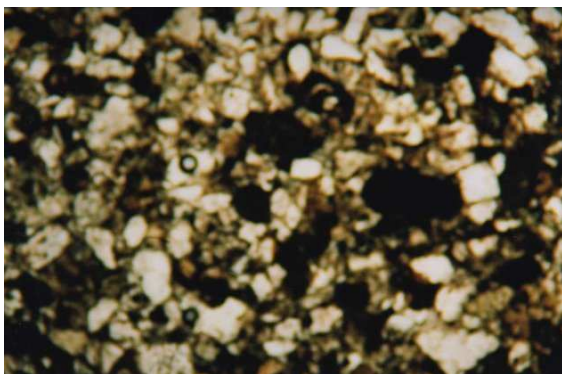
c) Minerales secundarios: Calcita

d) Matriz o cementante: Minerales arcillosos

Calcita

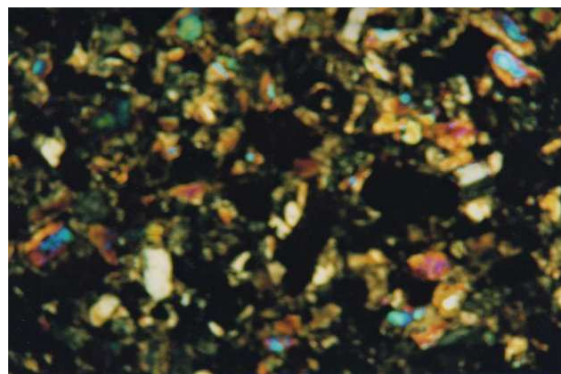
b) Minerales accesorios:

e) Caracteres especiales: Los fragmentos líticos constituyen un 30% de la roca, son de gneis cuarzofeldespático y ortocuarzita, sus formas son principalmente equigranulares y su redondeamiento varía de subanguloso a anguloso, su tamaño varía de 0,5 a 2 mm. Los fragmentos de cristales de feldespato representan un 40% de la roca, son de forma equigranular predominante, subangulosos, muestran alteración sericitica. Los fragmentos de cristales de cuarzo forman un 20% de la roca, son de forma equigranular angulosa. La roca muestra deficiente clasificación y conserva algunos minerales de una matriz limo-arcillosa original. En parte está cementada por calcita, en parte los contactos son grano a grano.



Luz natural, objetivo 2,5X.

Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.



Nicols cruzados, objetivo 2,5X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentaria depositada en un medio acuoso de energía moderada.

V.- CLASIFICACIÓN ARCOSA

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV90-191b

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Puente sobre la carretera, Km 123,25.
Coordenadas 96° 57' 05" W - 17° 45' 32" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color café claro, medianamente consolidada, con estratificación poco marcada.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: *Pale brown* (5YR ⁵/₂)

Estructura y textura: Clástica, en capas medianas.

Minerales observables: Feldespatos, cuarzo.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Clástica, de grano grueso a fino

Mineralogía:

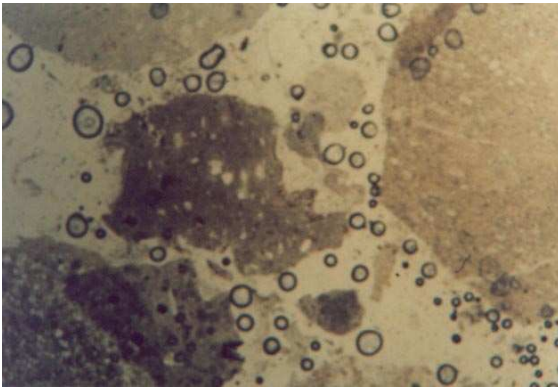
a) Minerales esenciales: Feldespatos
Cuarzo
Líticos

c) Minerales secundarios:

b) Minerales accesorios:

d) Matriz o cementante:

e) Caracteres especiales: Los fragmentos de cristales de feldespato son de forma equigranular predominante, subangulosos, y tienen tamaño de hasta 2 mm. Los fragmentos de líticos son redondeados a subredondeados, en tamaño similar a los feldespatos. La muestra presenta muchas burbujas, la matriz se disgregó.



Luz natural, objetivo 2,5X.

Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 2,5X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentaria depositada en un medio acuoso de energía fuerte, cercano al área fuente.

V.- CLASIFICACIÓN LITARENITA CONGLOMERÁTICA

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV90-212

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Camino a Concepción Pápalo, antes de La Tijera.
Coordenadas 96° 57' 41" W - 17° 48' 59" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color pardo a rojo, de estructura delgada, muy compacta y textura predominantemente fina.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: Moderate reddish brown (10R 4/6)

Estructura y textura: Clástica, estratificación laminar incipiente.

Minerales observables: Cuarzo lechoso, líticos metamórficos y escasos máficos y micas.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Clástica, de grano fino

Mineralogía:

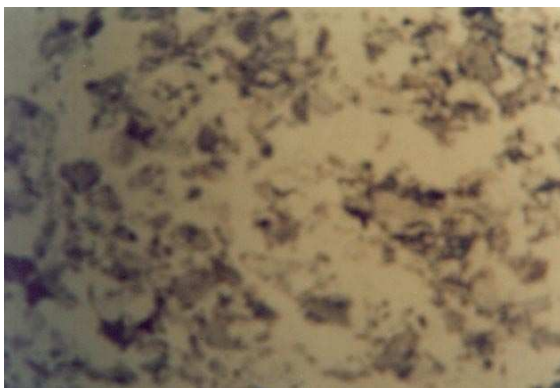
a) Minerales esenciales: Líticos metamórficos
Cuarzo
Plagioclasa

c) Minerales secundarios:

b) Minerales accesorios:

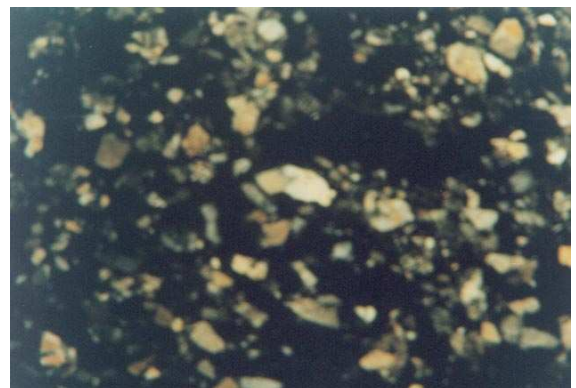
d) Matriz o cementante: CaCO₃

e) Caracteres especiales: Los fragmentos líticos son de gneis cuarzofeldespático y ortocuarcita, sus formas son principalmente equigranulares y subangulosos, su tamaño varía de 0,2 a 0,4 mm. Los fragmentos de cristales de cuarzo son de forma equigranular predominante, subangulosos a angulosos. Los fragmentos de plagioclasa son escasos, equigranulares y subangulosos. La roca muestra CaCO₃ abundante.



Luz natural, objetivo 2,5X.

Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 2,5X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentaria depositada en un medio acuoso de baja energía.

V.- CLASIFICACIÓN LITARENITA CON CEMENTO CALCÁREO

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas.

Muestra: FV90-213

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Camino a Concepción Pápalo, antes de La Tijera.
Coordenadas 96° 57' 41" W - 17° 48' 59" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color pardo a rojo, de estructura masiva, muy compacta y textura predominantemente fina.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: Moderate brown (5YR ^{3/4})

Estructura y textura: Clástica, estratificación laminar.

Minerales observables: Cuarzo lechoso, líticos metamórficos y escasos máficos y micas.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Clástica, de grano fino

Mineralogía:

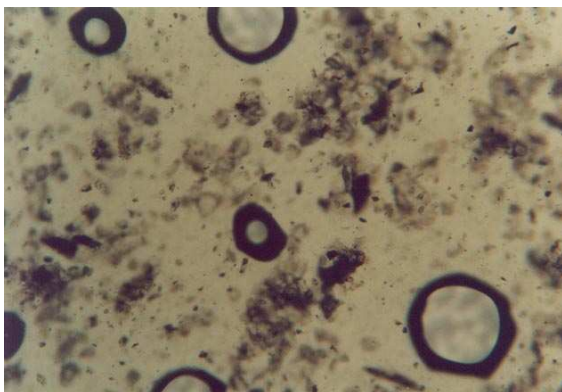
a) Minerales esenciales: Cuarzo
Líticos metamórficos

c) Minerales secundarios: Minerales
ferromagnesianos escasos
Biotita escasa

b) Minerales accesorios: Hematita

d) Matriz o cementante:

e) Caracteres especiales: Los fragmentos líticos son de gneis cuarzofeldespático y ortocuarcita, sus formas son principalmente equigranulares y su redondeamiento es subanguloso; su tamaño varía de 0,2 a 0,5 mm. Los fragmentos de cristales de cuarzo son de forma equigranular, angulosos y de tamaño similar. La lámina presenta burbujas, está disgregada y tal vez se eliminó el cementante.



Luz natural, objetivo 10X.

Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 10X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentaria depositada en un medio acuoso de baja energía.

V.- CLASIFICACIÓN ARENISCA

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV90-214

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Camino a Concepción Pápalo, antes de La Tijera.
Coordenadas 96° 57' 41" W - 17° 48' 59" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color pardo a rojo, de estructura masiva, compacta y textura gruesa.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: Grayish red (10R 4/2)

Estructura y textura: Clástica, estratificación débil.

Minerales observables: Líticos metamórficos, cuarzo lechoso y carbonato de calcio.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Clástica, de grano fino

Mineralogía:

a) Minerales esenciales: Líticos metamórficos
Cuarzo

b) Minerales accesorios:
Biotita

c) Minerales secundarios:

d) Matriz o cementante: Minerales arcillosos
Calcita

e) Caracteres especiales: Los fragmentos líticos son de gneis cuarzofeldespático y ortocuarcita, sus formas son principalmente equigranulares y su redondeamiento es subanguloso, su tamaño es menor de 0,3 mm. Los fragmentos de cristales de cuarzo son de forma equigranular, subangulosa. La roca muestra deficiente clasificación y presenta abundante calcita y porosidad alta (tal vez se produjo en la elaboración de la lámina).



Luz natural, objetivo 2,5X.



Nicoles cruzados, objetivo 2,5X.

Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentaria depositada en un medio acuoso de baja energía e incorporación posterior de calcita secundaria.

V.- CLASIFICACIÓN ARENISCA CALCÁREA O CALCARENITA DE GRANO MEDIO

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV90-215

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Camino a Concepción Pápalo, antes de La Tijera.

Coordenadas 96° 57' 41" W - 17° 48' 59" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color pardo a rojo, de estructura masiva, compacta y textura gruesa.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: Grayish red (10R 4/2)

Estructura y textura: Clástica, estratificación débil.

Minerales observables: Líticos metamórficos, cuarzo lechoso y carbonato de calcio.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Clástica, de grano grueso

Mineralogía:

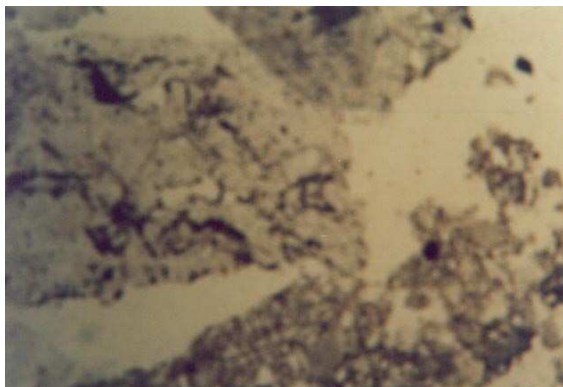
a) Minerales esenciales: Líticos metamórficos, ígneos y sedimentarios
Cuarzo

b) Minerales accesorios:
Biotita

c) Minerales secundarios: Minerales ferromagnesianos

d) Matriz o cementante: Minerales arcillosos
Calcita escasa

e) Caracteres especiales: Los fragmentos líticos son diversos, sus formas son principalmente equigranulares y su redondeamiento varía de subanguloso a subredondeado, su tamaño varía desde 0,1 a 3 mm. Los fragmentos de cristales de cuarzo son de forma equigranular, angulosa a subangulosa. La roca muestra deficiente clasificación y conserva algunos minerales de una matriz limo-arcillosa original.



Luz natural, objetivo 2,5X.

Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 2,5X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentaria depositada en un medio acuoso de alta energía, en condiciones oxidantes e incorporación posterior de calcita secundaria.

V.- CLASIFICACIÓN CONGLOMERADO POLIMÍCTICO

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV90-217

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Camino Cuicatlán a Quiotepec.
Coordenadas 96° 58' 25" W - 17° 49' 56" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color pardo a rojo, de estructura masiva, compacta y textura gruesa.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: Grayish red (10R 4/2)

Estructura y textura: Clástica, estratificación incipiente.

Minerales observables: Carbonato de calcio, líticos metamórficos (esquistos cuarzo-feldespático de clorita), cuarzo lechoso y hematita como barniz.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Clástica, de grano fino

Mineralogía:

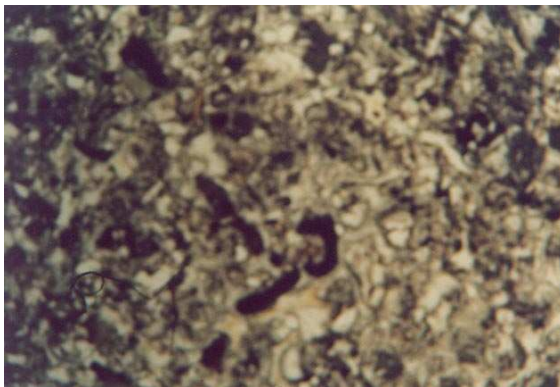
a) Minerales esenciales: Líticos metamórficos
Cuarzo

c) Minerales secundarios:

b) Minerales accesorios:

d) Matriz o cementante: Calcita
Yeso

e) Caracteres especiales: Los fragmentos líticos son de gneis cuarzo-feldespático y ortocuarcita, sus formas son principalmente equigranulares y su redondeamiento es subanguloso, su tamaño varía de 0,1 a 0,3 mm. Los fragmentos de cristales de cuarzo son de forma equigranular, subangulosa a angulosa, en tamaño similar. La calcita es de grano fino.



Luz natural, objetivo 2,5X.

Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 2,5X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentaria depositada en un medio acuoso de baja energía, en condiciones cercanas al área fuente.

V.- CLASIFICACIÓN ARENISCA CALCÁREA O CALCARENITA DE GRANO GRUESO

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Sección principal de referencia de la Formación Cuicatlán

En el apartado de Consideración Histórico-Taxonómico-Nomenclatural se indicó la necesidad de redefinir esta unidad, por ello se designó la Localidad tipo, aunque no se encontró un sitio que cumpla todos los requisitos de una Sección de Referencia de acuerdo con lo establecido en el Código Estratigráfico Norteamericano [Art. 8 (e)], en atención al criterio de accesibilidad, se midió una Sección de Referencia Principal.

La traza de esta sección se muestra en el Plano 1 (Sección Medida 3), su rumbo es S52°W, en dirección aproximadamente perpendicular al rumbo de capa; inicia en forma descendente desde la cima más baja junto a la vereda que conduce al Cerro El Campanario hasta el borde noreste del poblado de Cuicatlán, la sección tiene una longitud de 160 m, y su inicio se limitó por lo escarpado del terreno.

Unidad		Espesor (m)
s/n	Primera cima de la serranía, zona de cantiles.	
1	Conglomerado de cantos y gravas, de color rojo a café, los fragmentos alcanzan hasta 25 cm de diámetro, está bien consolidado y muestra estratificación masiva. Corresponde al inicio del Miembro Conglomerático.	5,00
2	Arenisca de grano fino, de color rojo, con horizontes limo-arcillosos, compacta y dispuesta en estratos delgados, con espesor de 10 a 15 cm. _	0,30
3	Conglomerado granular arenoso, de color rojo a café, los fragmentos son subredondeados, predominantemente de gneis, esquisto y roca verde, con diámetro promedio de 1,2 cm; tiene estratificación masiva. _ _ _ _ _	11,20
4	Arenisca mediana con horizontes conglomeráticos abundantes, de color rojo a café, los fragmentos son subredondeados a subangulosos, con diámetro de hasta 4 cm, en estratificación masiva a gruesa. _ _ _ _ _	6,00
5	Arenisca con horizontes conglomeráticos muy escasos, es de color rojo a café, los fragmentos son subredondeados a subangulosos, con tamaño de hasta 4 cm, compacta y con estratificación masiva. _ _ _ _ _	17,65
6	Arenisca granular conglomerática, los fragmentos son subredondeados a subangulosos, con tamaño de hasta 4 cm. _ _ _ _ _	6,80
8	Arenisca mediana a fina, de color rojo a café, con horizontes limo-arcillosos, compacta y dispuesta en estratos delgados, con espesor de 10 a 15 cm. _ _ _ _ _	9,60
9	Arenisca mediana a fina, de color rojo a café, con estratificación gruesa poco definida a masiva. _ _ _ _ _	10,75
10	Arenisca fina, de color rojo a café; contiene mayor cantidad de horizontes granulares brechoides; los fragmentos son subangulosos a angulosos, con diámetros de 0,5 a 1,5 cm. La roca está bien consolidada y muestra estratificación gruesa a masiva. _ _ _ _ _	6,00
11	Arenisca mediana, de color rojo a café; tiene algunos horizontes delgados de fragmentos granulares brechoides, con espesor de 2 a 5 cm, bien consolidada; predominantemente masiva. _ _ _ _ _	10,75
	Formación Tomellín: limolita de color gris a rosa, poco consolidada, muestra estratificación laminar. Discordancia.	
	Fin de la sección.	
	Total medido _ _ _ _ _	84,05

III.6. Filarenita Quiotepec (Nombre Nuevo)

Consideración Histórico-Taxonómico-Nomenclatural

Esta unidad queda incluida en el área de afloramiento de la Serie "Cuicatlán" y en el Conglomerado y Brecha caliza compacta de Barrera (1946), pero la descripción del autor no incluye la litología de esta unidad.

La asignación de la secuencia terciaria en el área a la llamada Formación Huajuapán, hecha por Espinosa-López (1972) y Sánchez-Martín (1985), no se justifica, porque esa unidad aflora en la Mixteca Oaxaqueña, a unos 70 km al oeste del área Tecomavaca-Cuicatlán y hasta la fecha no se ha demostrado la continuidad física entre las secuencias terciarias de ambas áreas.

Delgado-Argote (1988, p. 128 y 129) cartografió una pequeña porción del oriente de esta unidad, en la zona de Quiotepec y al sur de este poblado; de manera informal, le llama en su plano "Limos, areniscas y yesos" y en el texto la describió como "Cubierta Sedimentaria Pliocénico-Cuaternaria".

Centeno-García (1989, p. 41) describe informal y brevemente a una unidad de "... limolitas, areniscas y lentes de conglomerado..." como Depósitos Lacustres A; señala que afloran desde Los Cues hasta Santiago Domingullo. El estudio de campo del área del afloramiento de esta unidad, tiene además de los depósitos lacustres, extensos cuerpos estratigráficos de material piro- y epiclástico, así como sedimentos fluviales arcósico-filareníticos; estos cuerpos son claramente cartografiables a la escala usada para discriminar a la unidad como Depósitos Lacustres A. Por tal razón, la propuesta de esta unidad -aún informalmente considerada- tiene errores serios que la hacen inaceptable. Esto se refuerza con la descripción, exclusivamente textural, que se hace de la litología, sin tratar el aspecto central de la composición.

Otra parte de esta unidad del Conglomerado Cuicatlán de Centeno-García (1989, p. 46), no corresponde a la "Serie Cuicatlán" de Barrera (1946), como lo señala la autora, la cual emplea esta designación para incluir a "... los diferentes cuerpos conglomeráticos, genéticamente relacionados entre sí, tal vez interdigitados que cubren a las unidades de depósitos lacustres y se distribuyen exclusivamente en la margen occidental del valle de Tehuacán y la región de La Cañada, en la base del frente montañoso de las sierras de Zongolica, Mazateca y de Juárez".

Si tomamos en cuenta que en la descripción de esta unidad (Centeno-García op. cit., p. 46-49 y lám. 3 y 4) los cuerpos litoestratigráficos tienen gran variedad, la cual no se indica, ni se

describe la relación genética de los cuerpos conglomeráticos (que se incluyen cuerpos de areniscas) y que tampoco se explica su posible interdigitación, además de que en la parte sur de La Cañada (aproximadamente entre los paralelos 17°25' y 17°36' latitud norte) ocupa también el margen occidental (como lo muestra la lámina 4 de esta autora *-loc. cit.-*); se están contradiciendo la mayoría de los criterios usados en la definición y por ello la propuesta de esta unidad queda ampliamente abierta a cuestionamiento.

Finalmente, Dávalos-Álvarez (2006, p. 39 a 42) que trabajó el área contigua al norte, describió a la unidad Lechos Rojos Tilapa, como "...capas de lodolita, limolita, arenisca fina a gruesa y conglomerado", "En algunas ocasiones se observan capas de yeso delgadas, principalmente hacia la cima del depósito" y mencionó que unificó los depósitos correspondientes al Conglomerado Cuicatlán de Centeno-García (1989), pero no explicó por que abandonó ese nombre. Además, considera válida la interpretación del ambiente de depósito de la unidad de Centeno-García (*op.cit.*) y considera su unidad como un cambio de facies de ésta. Sin embargo, no indica cual es la interpretación genético-ambiental de su unidad litoestratigráfica, tampoco menciona un espesor, ni estructura para ella y la considera de edad Eoceno Temprano, por relaciones estratigráficas, lo cual es anómalo, como se discutirá más adelante.

Definición, ubicación, extensión y expresión geomorfológica

Definición

Se designa como Filarenita Quiotepec, al cuerpo estratigráfico constituido por una arenisca de grano medio a fino, hematizada, inmadura, micácea, la cual se considera una filarenita, porque está formada principalmente por rocas metamórficas, tales como gneis y esquistos cuarzofeldespáticos, roca verde y metavolcánicas en más de un 80%; las cuales, en ocasiones, también se muestran en gránulos o gravas; además se tienen fragmentos de caliza y arenisca. Estas rocas tienen color rojo a pardo, ligeramente violáceo. Se disponen en estratificación delgada a laminar y afloran en la parte septentrional y central del área, donde forman el piso de la depresión. Cubren a los miembros tobáceo y limoso de la Formación Tomellín, además, cubren de manera discordante al Conglomerado Río Seco y a la Secuencia Calcárea Cretácica. También cubren en forma transicional la porción inferior de la Formación Cuicatlán y su parte superior se interdigita con esta unidad. En la porción nororiental del área, cubren discordantemente al Complejo Metamórfico y tienen un espesor que puede alcanzar 600 m. Su edad es terciaria pos-miocénica media; el nombre procede del poblado Quiotepec, donde aflora y está representada su litología característica. Se designó como Localidad Tipo el afloramiento ubicado sobre el Río Grande, situado 300 m al oeste del poblado mencionado. Como estratotipo se midió la Sección

principal de referencia, localizada en la Barranca Chile, a unos 300 m al Este del puente, en el km 83,7 de la Carretera 131.

Ubicación y extensión

Aflora en la porción septentrional de la depresión, en una superficie de 100 km² aproximadamente, es decir, representa el 20% del área de estudio.

Expresión geomorfológica

Forma el piso de la depresión y se expresa como lomas redondeadas de altura baja a moderada disecadas por los ríos Salado y Grande, así como por sus afluentes localizados (Figura 30), en la porción oriental y por el relieve de mesetas, en la porción occidental. La filarenita aflora en el rango de altura entre los 550 y los 1000 msnm en la porción oriental y hasta los 1200 msnm en la occidental, pero el área principal se tiene entre los 600-800 m.

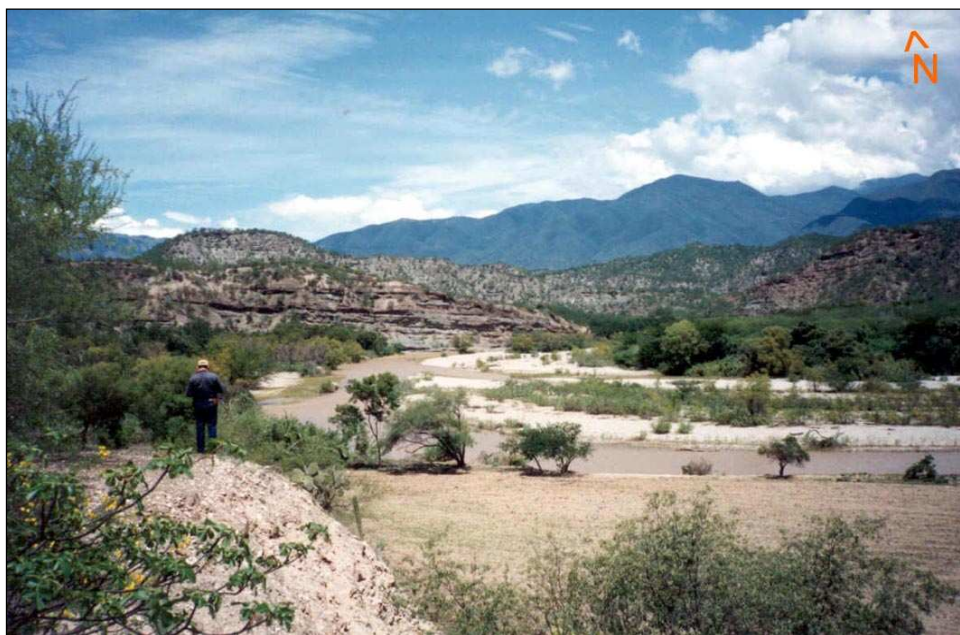


Figura 30. Lomeríos de baja altura formados por rocas de la Filarenita Quiotepec, en el Río Grande, en la porción central del área de estudio.

Subdivisión litoestratigráfica informal: Miembros Yesífero Lacustre y Areno-lutítico

Miembro Yesífero Lacustre

Está constituido por areniscas de grano fino a lutitas, en alternancia rítmica, cementadas por carbonato de calcio y en ocasiones con yeso. Son inmaduras, de líticos metamórficos, se caracterizan por contener grandes cantidades de hematita que le dan un color característico rojo

pálido a pardo pálido y micas muy abundantes que propician una estratificación laminar o cruzada. Componen aparentemente una alternancia relativamente uniforme, con un espesor estimado en 500 m y forman el piso de la depresión en su porción septentrional, así como la parte baja de la Sierra de Juárez; es decir, se distribuyen principalmente en la zona oriental de esta unidad. Descansan discordantemente o por falla, sobre el Complejo Metamórfico, también discordantemente sobre la Formación Tomellín y sobre la porción inferior de la Formación Cuicatlán y también se interdigita con la porción superior de ésta última. En cambio lateral, se considera que engloba al Miembro Areno-limoso arcósico

Litología

Es una arenisca de grano fino, relativamente uniforme, cementada por carbonato de calcio, hematizada, inmadura, de filarenita (se considera así porque a nivel macroscópico predominan los fragmentos de roca metamórfica, aunque se encontró que también hay rocas volcánicas y calcáreas). El color es pardo pálido a rojo pálido. El tamaño de los clastos varía de la arcilla a arena fina. Su forma depende de la composición mineralógica, los fragmentos de cuarzo tienden a ser isodiamétricos a subelongados, en tanto que los de mica son foliares. Su clasificación es regular a mala, ya que coexisten arenas, limos y arcillas. La redondez es mediana a alta en los fragmentos de cuarzo (muestras FV88-121, 352c, 368, 376, 431, 464 y FV90-218). La matriz está constituida por limo y una significativa cantidad (10 a 25% o más del total de la roca) de arcilla. La hematita está acumulada principalmente en la matriz, donde forma granos que tienden a estar dispersos en forma homogénea. La moscovita, hidromuscovita y en menor cantidad la biotita son muy abundantes, están poco intemperizadas, algunas de sus hojuelas tienen un diámetro mucho mayor que el de los cuarzos y pueden representar del 20 al 45% de los clastos. También hay arcosas calcicementadas (muestras FV88-430 y 437) que se caracterizan por contener láminas de yeso

El cemento de calcita generalmente es abundante (muestras FV88-363, 371, 378, 406, 428 y FV90-198), aunque no se presenta en todas las muestras. Es muy significativo que algunas contienen láminas de yeso interestratificadas y muy abundantes (Muestra FV90-200); estas muestras proceden de un área ubicada unos 2,5 km al sur de Tecomavaca (próxima al Río Salado) que, probablemente corresponda o esté, muy cercana al borde de una cuenca lacustre.

La estructura primaria más frecuente es la estratificación laminar paralela; le siguen en orden de frecuencia, la estratificación delgada (estratos de 4-5 cm) y la laminación cruzada de bajo ángulo. En forma frecuente se puede apreciar una cierta alternancia rítmica de estratos arenosos y limoarcillosos, que implican variación en la energía del cuerpo de agua donde se produjo el depósito; esto es más común en los estratos delgados que en los laminares. En los estratos limoarcillosos o arcillosos se aprecia que los clastos de la arcilla tienden a formar hojuelas

irregulares en diferentes niveles, en ocasiones forman capas de 1 a 2 mm de espesor. En los planos de estas capas ricas en arcilla se pueden observar, pistas de gusanos, huellas de desecación, estructuras de compactación y ondulaciones.

Miembro Areno-lutítico

Está formado por areniscas arcósicas a líticas y lutitas, con abundante clorita y carbonato de calcio, así como, láminas de yeso. Se distinguen por presentar colores claros, como verde a gris claro, gris amarillento y amarillo grisáceo, que corresponden a materiales no oxidados por completo (o menor cantidad de máficos). Estos cuerpos se presentan junto a las estribaciones de las Sierras Mixtecas, principalmente al noroeste del Río Seco y al oeste de Tecomavaca (Figura 31), en donde muestran una geomorfología de mesetas, con espesor mayor de 300 m. Se encuentran englobados en los estratos de color rojo del Miembro Yesífero Lacustre (Figura 32).



Figura 31. Mesetas constituidas por las rocas del Miembro Areno-lutítico de la Filarenita Quiotepec (b), en primer plano, rocas del Conglomerado Río Seco (a), en la zona del cañón labrado por el río del mismo nombre.

Litología

Está representada por areniscas de grano fino a medio, en ocasiones conglomeráticas (muestras FV88-431 y FV90-218), y lutitas (Muestra FV88-368), generalmente con buena clasificación, inmaduras, además de yeso, hay abundante carbonato de calcio, el cual puede encontrarse como cementante o como grano en la roca (muestras FV88-378 y 406); los colores claros de estas rocas, principalmente verde claro, se deben a la presencia abundante de clorita y sericita (muestras FV-376, 470 y 475), que constituyen gran parte de la matriz. Los fragmentos

más abundantes son los feldespatos, que generalmente se presentan isodiamétricos, subangulosos, lo mismo que el cuarzo; los líticos son equigranulares subangulosos y están formados por rocas volcánicas, probablemente basálticas, rocas metamórficas y calcita.



Figura 32. Capas del Miembro Areno-lutítico (color verde claro) intercaladas dentro de los estratos del Miembro Arenoso fino hematizado (color rojo), en la carretera 131, porción central del área.

La estratificación principal es laminar paralela y algunas capas son delgadas (estratos de 4-5 cm) y se puede observar un depósito más homogéneo, con respecto al del miembro yesífero lacustre.

En algunas áreas cercanas al inicio del camino noroccidental a Ixcatlán (próximo a la Carretera 131), se pueden apreciar láminas y capas delgadas de yeso interestratificadas o cortando a los estratos al formar vetillas subverticales. La presencia relativamente abundante de feldespatos, así como, cristales euédricos de biotita, dispuestos perpendicularmente o muy inclinados con respecto a los planos de estratificación (que aquí es laminar), sugiere que esta parte de la secuencia podría ser más bien piroclástica que epiclástica, por lo cual se tendría una toba depositada en una cuenca lacustre hipersalina (o en el borde de la misma).

Espesor e interpretación genético-ambiental

Espesor

La proyección geométrica de esta formación indica que puede tener un espesor de 0 a más de 600 m. En el área de curvas de la Carretera 131 (entre los km 93 a 100), se puede apreciar un espesor de 130 m aproximadamente, no aflora su contacto inferior.

Interpretación Genético-Ambiental

A partir de las estructuras primarias y las texturas finas laminares, se interpreta que la mayor parte de la unidad se depositó en un ambiente lacustre de poca profundidad, que hizo posible la oxidación parcial de los minerales máficos. La presencia de yeso, y en general la escasez de vida indican condiciones hipersalinas; por lo menos, para parte de la cuenca, que coexistió con sedimentación lacustre en la cuenca o tal vez, representa el depósito en una parte de sus márgenes, por lo que debió ocurrir sedimentación fluvial en planicies de inundación, las cuales se interpretan por la estratificación laminar cruzada de bajo ángulo y mayor tamaño de grano que tienen algunas muestras.

Tomando en consideración el espesor de la unidad, la cuenca debió hundirse en forma simultánea a la sedimentación, ya que no se tienen evidencias de que ésta hubiese ocurrido a gran profundidad.

El área fuente debió ser el terreno metamórfico elevado situado al Este, el que fue erosionado y aportó importantes volúmenes de sedimentos inmaduros, que fueron depositados muy rápidamente. Muy probablemente la fuente de las arcillas es el suelo desarrollado en el área fuente, el cual no debió ser maduro; ya que, gran cantidad de micas y algunos feldespatos se conservaron pese a la intemperización y al transporte.

La presencia de interestratos de material de color claro, con abundantes feldespatos y mica verde, planteó el problema de interpretar su origen como retrabado de las rocas metamórficas, principalmente aquellas denominadas roca verde o como producto del intemperismo subacuoso de ceniza volcánica, se optó por el último, considerando que, además de la evidencia de rocas piroclásticas en la Formación Tomellín, hay rocas volcánicas en algunos de los clastos de las muestras, esto tampoco invalida la posibilidad de la existencia de piroclastos de tamaño fino, penecontemporáneo. Por otra parte, el origen de la coloración rojiza, de seguro tiene también una componente diagenética, como se interpreta en la mayor parte de las capas rojas (*cf.* Turner, 1980), y que es evidente por la coexistencia (en sentido vertical) de estratos de coloraciones claras y oscuras (poco oxidadas y muy oxidadas) en varias partes de la unidad. Por último, lo rítmico de la secuencia, representa variaciones cíclicas en las condiciones del régimen sedimentario, probablemente asociadas a las estaciones del año.

Relaciones estratigráficas

En su parte estratigráficamente inferior, la Filarenita Quiotepec cubre discordantemente al Conglomerado Río Seco y a la Secuencia Calcárea Cretácica en la porción noroccidental y occidental del área, también muestra contactos tectónicos con estas unidades. Cubre al miembro tobáceo de la Formación Tomellín en la porción suroccidental, al noroeste del poblado de Los Obos y al miembro limoso de esta unidad, en la porción meridional, en la zona ubicada en la margen derecha del Río Grande y al noroeste de Cuicatlán. Además, de manera transicional también cubre a los estratos inferiores de la Formación Cuicatlán, como puede observarse en la zona septentrional, a unos 300 m al Este del puente localizado en el km 83,7 de la Carretera 131, en la Barranca Chile (figuras 33 y 34) y su parte superior se interdigita con esta unidad. Esta relación se observa en la zona ubicada entre Quiotepec y Cuicatlán. Por otra parte, cubre en forma discordante y por falla al Complejo Metamórfico, en la porción nororiental del área. A su vez, está cubierta por terrazas constituidas por conglomerados cuaternarios y por suelos residuales.



Figura 33. Contacto transicional de la Filarenita Quiotepec (b) sobre brechas de la porción inferior de la Formación Cuicatlán (c), y una cubierta delgada de depósitos aluviales (a), sobre éstas, en la Barranca Chile.

Paleontología

Se encontraron pocos fósiles en esta formación. Los metazoarios están representados por tres conchas de gasterópodos conispirales (turriteloides) de 6-8 mm de largo y 2 a 3 mm de diámetro máximo, que no resultan identificables ni siquiera a nivel de familia. También se

reconocieron pistas y tubos de gusanos, de tamaño pequeño (3 a 5 cm de largo por 2-4 mm de ancho), tampoco identificables. Las metafitas están representadas por fragmentos de moldes de tallos de 10 mm de diámetro, que no son identificables. Se considera que la presencia de yeso indica condiciones hipersalinas en la cuenca lacustre, lo cual a su vez concuerda con la escasa biota observada.

Edad y Correlación

Con base en las relaciones estratigráficas de sobreposición de esta unidad con la Formación Tomellín, se concluye que la edad de la Filarenita Quiotepec es terciaria post-miocénica media. Tampoco se consideró útil especular sobre la correlación de la Filarenita, dado que las unidades litoestratigráficas de edad comparable que se conocen en la región centromeridional de México, requieren en gran parte de una propuesta formal.

Sin embargo, es necesario comentar la discrepancia que existe en la edad de la Filarenita Quiotepec con la unidad “Lechos Rojos Tilapa” de Dávalos-Álvarez (2006), cartografiada (como ya se comentó) en áreas contiguas, y que corresponde a la misma unidad, por lo menos en el límite de ambas zonas (Paralelo 18°).

Dávalos presenta otras dos unidades (Formación Mequitongo y Conglomerado El Campanario, p.24 y 42 a 52), que según él interdigitan a los “Lechos Rojos Tilapa”; la primera es una sucesión de “...capas alternadas de lodolita, yeso, arenisca, conglomerado y horizontes tobáceos escasos” (op. cit., p. 42), el segundo es un “... conglomerado polimíctico, ...rico en clastos de caliza y caliza con pedernal...” (op. cit., p. 47). Con respecto a las relaciones estratigráficas Dávalos (p.43) dice que: “Las relaciones de contacto en la formación (sic) Mequitongo comúnmente son difíciles de observar.”, “...los lechos rojos hacia la parte baja de la sierra se observan intercalados con las capas verdes (cambio de facies lechos rojos-formación Mequitongo);” (ibid.) y no aporta las evidencias que sustentan su interpretación.

La edad eocénica temprana a media de los llamados “Lechos Rojos Tilapa,” se basa en su interpretación de las relaciones con las unidades mencionadas. Cabe destacar que para la Formación Mequitongo, existe un fechamiento de $50,2 \pm 1,4$ Ma (K-Ar en biotita), Dávalos se refiere a la formación (sic) Mequitongo y a la Formación Tehuacán y dice “En este trabajo se fechó una toba intercalada con estas rocas.” (op. cit., p.45). Mientras que la edad del llamado Conglomerado El Campanario, se basa en un solo palinomorfo identificado a nivel de género, *Persicarioipollis* sp., cuyo alcance es Paleoceno Temprano-Mioceno op. cit., p. 48 y 49); cinco de los otros palinomorfos identificados tienen un alcance de Paleoceno-Reciente y dos más tienen un alcance impreciso, ya

que se desconoce su límite superior (el inicial de uno del Cretácico y el otro del Eoceno). En consecuencia, no existe evidencia suficiente para asignar esta unidad al Eoceno Medio-Oligoceno Temprano (Dávalos, p. 49), con base la interpretación del "...contacto transicional hacia su base con los lechos rojos Tilapa;"; en todo caso, los datos biocronológicos apoyarían una edad eocénico-miocénica.

Las implicaciones de lo anterior son importantes y establecen la incompatibilidad de las interpretaciones de Dávalos-Álvarez (*op. cit.*) con las de este trabajo. En apoyo de la interpretación aquí expuesta, se cuenta con fauna de vertebrados con afinidad en otras áreas de Oaxaca (Matatlán, El Gramal, Suchilquitongo y El Camarón, que son también del Mioceno Medio [Ferrusquía-Villafranca, *op. cit.*]). Además, se presentan evidencias de relaciones estratigráficas (ver Figuras 24, 26, 32, 33 y 34), así como los datos y arreglos estructurales (planos 1 y 2).



Figura 34. Zona de contacto transicional de la Filarenita Quiotepec sobre brechas de la porción inferior de la Formación Cuicatlán. Localidad: Barranca Chile.

En forma reciente Dávalos-Álvarez *et al.* (2007) publicaron el trabajo "Estratigrafía cenozoica de la región de Tehuacán y su relación con el sector norte de la falla de Oaxaca", el cual es una versión condensada de la tesis "Evolución tectónica cenozoica en la porción norte de la Falla de Oaxaca" (2006); en consecuencia, las observaciones que se hicieron a dicha tesis también son aplicables aquí.

A continuación se presentan los estudios petrográficos y la sección principal de referencia de esta unidad:

Estudios petrográficos de muestras de la Filarenita Quiotepec

Muestra: FV88-121

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Km 78+200 de la carretera. A 2,5 km al N del área
Coordenadas 97° 03' 29" W - 18° 01' 28" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color pardo a rojo, en estratos delgados a finos, compacta y de textura fina a media, con estratificación cruzada, en un afloramiento con espesor aproximado de 8 metros.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: *Pale brown* (5Y 5/2)

Estructura y textura: Clástica, estratificación cruzada.

Minerales observables: Feldespatos, micas y cuarzo.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Clástica, de grano medio.

Mineralogía:

a) Minerales esenciales: Feldespatos alterados
Cuarzo

b) Minerales accesorios: Moscovita y clorita
CaCO₃ granular

c) Minerales secundarios:

d) Matriz o cementante: Óxidos de hierro

e) Caracteres especiales: Los fragmentos de cristales de feldespato son de forma equigranular predominante, tienen tamaño entre 0,3 y 1 mm, subangulosos. Los fragmentos de cristales de cuarzo, también en el mismo rango de tamaño, son de forma equigranular, angulosos. Las micas se muestran en fragmentos alargados. El carbonato de calcio está en forma granular, no como cementante. La roca muestra clasificación deficiente.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentaria depositada en un medio fluvial de energía moderada, en condiciones de compactación.

V.- CLASIFICACIÓN ARENISCA MEDIANA CALCÁREA

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV88-352c

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Kilómetro 82.

Coordenadas 97° 02' 30" W - 17° 59' 42" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color rojo claro, compacta y de textura fina, con estratificación poco marcada.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: Fresca: *Pale red* (5R 6/2); Intemperización: *Grayish orange pink* (10R 8/2) y *Grayish red* (10R 4/2)

Estructura y textura: Clástica, de grano fino, con estratificación cruzada.

Minerales observables: Micas, óxidos de hierro.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Clástica, de grano muy fino

Mineralogía:

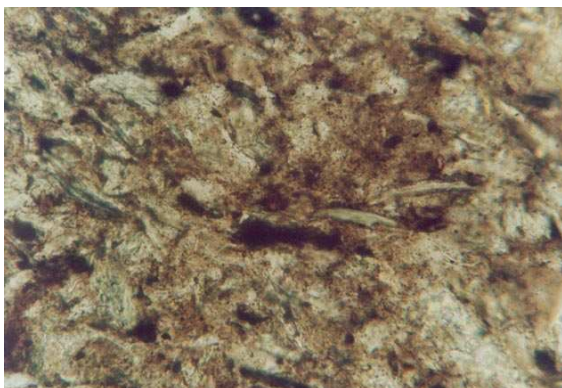
a) Minerales esenciales: Muscovita
Hidromuscovita

c) Minerales secundarios: Clorita.

b) Minerales accesorios:

d) Matriz o cementante: Óxidos de hierro

e) Caracteres especiales: Los fragmentos de cristales se componen predominantemente de micas (muscovita e hidromuscovita), son de forma elongada, subangulosos, y con tamaño menor de 0,06 mm. Los fragmentos de óxidos de hierro tienen forma equigranular, subangulosa, en tamaño similar a los feldespatos y muestran alineamiento.



Luz natural, objetivo 40X.

Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 10X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentaria depositada en un medio acuoso de energía baja y con poco transporte.

V.- CLASIFICACIÓN LIMOLITA

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV88-363

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Tecomavaca.

Coordenadas 97° 01' 39" W - 17° 57' 34" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color pardo a rojo, de estructura delgada a laminar, medianamente compacta y de textura fina.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: *Grayish orange pink* (5R 1/2)

Estructura y textura: Clástica, estratificación laminar con bandeamiento.

Minerales observables: Cuarzo lechoso y translúcido, escasos feldespatos y moscovita, minerales arcillosos. Como cementante carbonato de calcio.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Clástica, de grano muy fino

Mineralogía:

a) Minerales esenciales: Feldespatos

Cuarzo

Líticos

b) Minerales accesorios: Biotita

Cloritas

Minerales ferromagnesianos

c) Minerales secundarios:

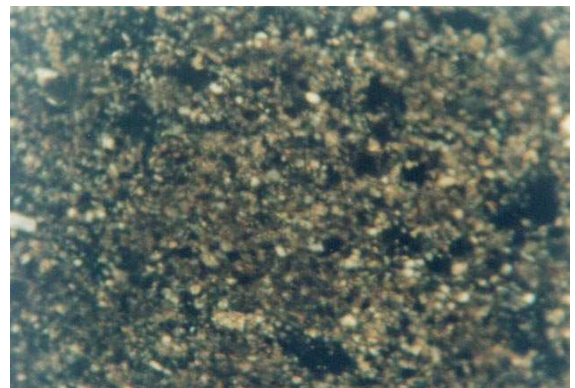
d) Matriz o cementante: Calcita abundante

e) Caracteres especiales: Los fragmentos de feldespatos son de forma alargada predominante, tienen tamaño de hasta 0,3 mm y son subangulosos. Los fragmentos de cuarzo son principalmente equigranulares, sus formas son angulosas, su tamaño varía de 0,3 mm a 0,05 mm. Los fragmentos de cristales ferromagnesianos son de forma equigranular, subangulosos, de tamaño de 0,1 a 0,05 mm y tienden a formar bandas.



Luz natural, objetivo 10X. Fenocristales máficos.

Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 10X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentaria depositada en un medio acuoso de muy baja energía, en condiciones oxidantes intermitentes.

V.- CLASIFICACIÓN LIMOLITA CALCÁREA

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV88-368

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Km 91+850 de la Carretera
Coordenadas 97° 00' 35" W - 17° 51' 14" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color verde, medianamente compacta, de textura fina, probablemente piroclástica, dispuesta en capas burdas dentro de una secuencia de rocas clásticas laminares de color rojo "ladrillo".

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: *Grayish yellow green (5GY 7/2)*

Estructura y textura: Clástica, estratificación incipiente.

Minerales observables: Feldespato, cuarzo y biotita.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Clástica, de grano fino

Mineralogía:

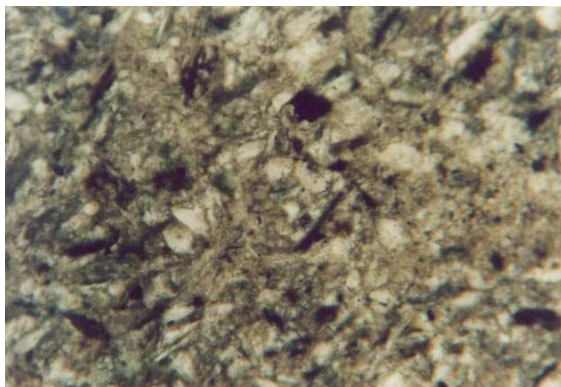
a) Minerales esenciales: Feldespatos
Cuarzo

c) Minerales secundarios: Calcita

b) Minerales accesorios: Hidromuscovita
Cloritas
Minerales ferromagnesianos

d) Matriz o cementante: Minerales arcillosos

e) Caracteres especiales: Los fragmentos de feldespato son de forma principalmente equigranular, subangulosos, su tamaño es menor de 0,06 mm. Los fragmentos de cristales de cuarzo son de forma equigranular, subangulosos a angulosos. La roca muestra deficiente clasificación.



Luz natural, objetivo 10X. Fenocristales máficos.
Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 10X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentaria depositada en un medio acuoso de baja energía, cercana al área fuente, con incorporación posterior de calcita secundaria.

V.- CLASIFICACIÓN LUTITA

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV88-371

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Km 98+850 de la Carretera

Coordenadas 97° 00' 21" W - 17° 53' 45" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color pardo a rojo, de grano fino a mediano, compacta, clástica, en estratos con espesor mayor de 40 cm e intercalación de horizontes de yeso de 2 mm.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: *Pale brown* (5YR ⁵/₂)

Estructura y textura: Clástica, estratificación laminar.

Minerales observables: Cuarzo, biotita, escasos feldespatos, calcita y hematita.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Epiclástica, samítica de grano muy fino

Mineralogía:

a) Minerales esenciales: Líticos metamórficos,
volcánicos y de calizas.
Plagioclasa

Cuarzo

b) Minerales accesorios: Biotita

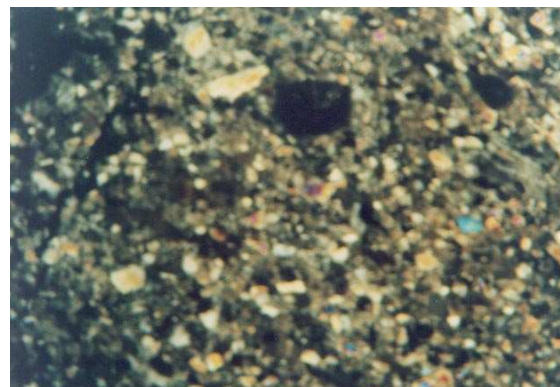
c) Minerales secundarios:

d) Matriz o cementante: CaCO₃, Hematita

e) Caracteres especiales: Los fragmentos líticos son diversos, sus formas son principalmente equigranulares y su redondeamiento varía de subanguloso a anguloso, su tamaño alcanza más de 2,5 mm. Los fragmentos de cristales de plagioclasa son de forma equigranular predominante, subanguloso. Los fragmentos de cristales de cuarzo son principalmente equigranulares, subangulosos. La roca muestra clasificación deficiente.



Luz natural, objetivo 2,5X. Fenocristales máficos.
Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 2,5X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentaria depositada en un medio acuoso de baja energía, en condiciones oxidantes e incorporación posterior de calcita secundaria.

V.- CLASIFICACIÓN ARENISCA CALCÁREA

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV88-376

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Km 101+800 de la Carretera
Coordenadas 97° 00' 35" W - 17° 52' 42" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color pardo a verde, de estructura laminar, medianamente compacta, clástica fina y aparentemente también piroclástica, de la porción superior de un paquete intercalado en la secuencia clástica de color rojo "ladrillo".

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: Light olive gray (5Y 6/1)

Estructura y textura: Clástica, estratificación laminar.

Minerales observables: Cuarzo lechoso y translúcido, pedernal, escasos feldespatos y mica, además con algo de arcilla y carbonato de calcio.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Clástica, de grano fino

Mineralogía:

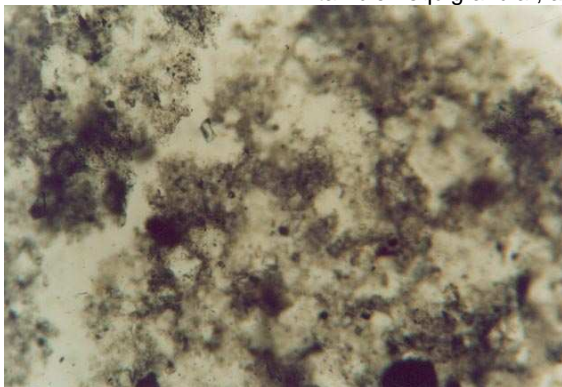
a) Minerales esenciales: Feldespatos
Líticos
Cuarzo

b) Minerales accesorios: Clorita
Sericita

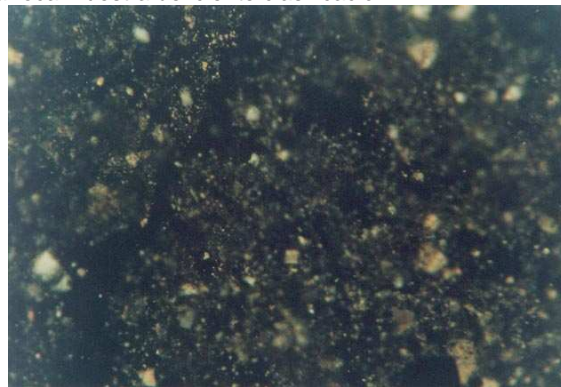
c) Minerales secundarios:

d) Matriz o cementante: CaCO₃
Minerales arcillosos

e) Caracteres especiales: Los fragmentos de cristales de feldespatos son principalmente equigranulares y su redondeamiento varía de subanguloso a anguloso, su tamaño es menor de 0,06 mm. Los fragmentos líticos son de forma equigranular predominante, subangulosos a subredondeados, de tamaño similar. Los fragmentos de cristales de cuarzo son de forma también equigranular, angulosa. La roca muestra deficiente clasificación.



Luz natural, objetivo 10X. Fenocristales máficos.
Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 10X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentaria depositada en un medio acuoso de baja energía, con incorporación posterior de calcita secundaria.

V.- CLASIFICACIÓN LIMOLITA

Fecha: Noviembre/2003

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV88-378

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Km 102 de la Carretera
Coordenadas 97° 00' 37" W - 17° 52' 40" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color pardo a verde, con estructura masiva e interestratos finos, medianamente compacta, clástica fina y aparentemente también piroclástica, mostrando estratificación laminar y cruzada en bajo ángulo.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: *Light olive gray* (5Y 6/1)

Estructura y textura: Clástica, estratificación masiva e interestratos laminares.

Minerales observables: Cuarzo lechoso y translúcido, pedernal y escasos feldespatos y mica. Algo de minerales arcillosos, así como carbonato de calcio.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Clástica, de grano muy fino

Mineralogía:

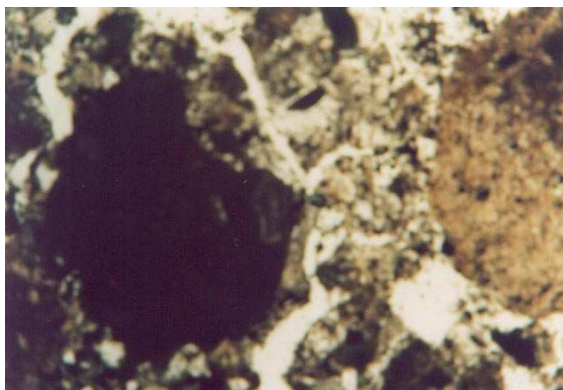
a) Minerales esenciales: Líticos
Feldespatos
Cuarzo

b) Minerales accesorios: Biotita

c) Minerales secundarios:

d) Matriz o cementante: CaCO₃
Minerales arcillosos

e) Caracteres especiales: Los fragmentos líticos son de gneis cuarzofeldespático y de biomicritas, principalmente, sus formas son principalmente equigranulares y su redondeamiento varía de subredondo a subanguloso, su tamaño alcanza hasta 2 mm. Los fragmentos de cristales de feldespato son de forma equigranular predominante, subangulosos. Los fragmentos de cristales de cuarzo son de forma equigranular angulosa y los cristales de biotita son elongados. La roca muestra clasificación deficiente.



Luz natural, objetivo 2,5X. Fenocristales máficos.
Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 2,5X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentaria depositada en un medio acuoso de energía moderada, en condiciones oxidantes e incorporación posterior de calcita secundaria.

V.- CLASIFICACIÓN CALCARENITA

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV88-406

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Camino de brecha que sale del Km 96,5 hacia Quiotepec.
Coordenadas 97° 00' 15" W - 17° 54' 20" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color café claro a amarillo, bien compactada, con estratificación poco marcada.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: Fresca: *Pale yellowish brown* (10YR ⁶/₂); Intemperización: *Grayish pink* (5R ⁸/₂)

Estructura y textura: Clástica, con estratificación poco marcada, en capas delgadas (5 cm de espesor).

Minerales observables: Cuarzo, líticos metamórficos y micas.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Clástica de grano medio

Mineralogía:

a) Minerales esenciales: Cuarzo
Líticos volcánicos
Feldespato

c) Minerales secundarios:

b) Minerales accesorios: Muscovita

d) Matriz o cementante: CaCO₃, no hay matriz

e) Caracteres especiales: Los fragmentos de cristales de feldespato son de forma equigranular predominante, tienen tamaño entre 0,3 y 1 mm, angulosos. Los fragmentos de cristales de cuarzo, también en el mismo rango de tamaño, son de forma equigranular, angulosos. Las micas se muestran en fragmentos alargados. El carbonato de calcio está en forma granular, no como cementante. La roca muestra clasificación deficiente.



Luz natural, objetivo 10X.
Tamaño original de la micrografía 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados natural, objetivo 10X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentaria depositada en un medio fluvial de energía moderada, en condiciones de compactación.

V.- CLASIFICACIÓN ARENISCA CALCÁREA

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV88-428

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Camino Cuicatlán-Quioitepec.

Coordenadas 96° 58' 35" W - 17° 50' 09" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color rojo claro a gris, compacta, con estratificación incipiente.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: Fresco: *Pale red* (5R⁶/₂); Intemperización: *Grayish orange pink* (10R⁸/₂)

Estructura y textura: Clástica, estratificación incipiente.

Minerales observables: Cuarzo lechoso y translúcido, escasos feldespatos y mica. Algo de minerales arcillosos, así como carbonato de calcio.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Clástica, de grano muy fino

Mineralogía:

a) Minerales esenciales: Líticos volcánicos

Feldespatos

Cuarzo

b) Minerales accesorios: Muscovita

Biotita

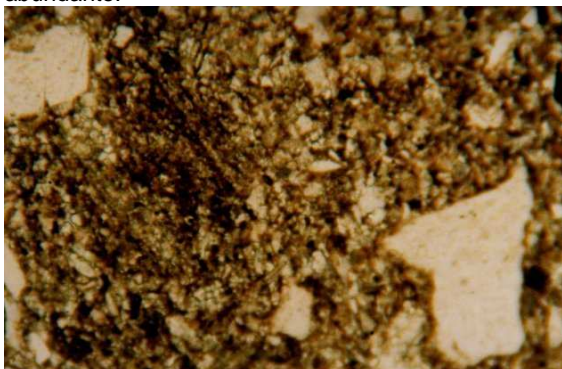
c) Minerales secundarios:

d) Matriz o cementante: CaCO₃ abundante

(Micrita y espatita)

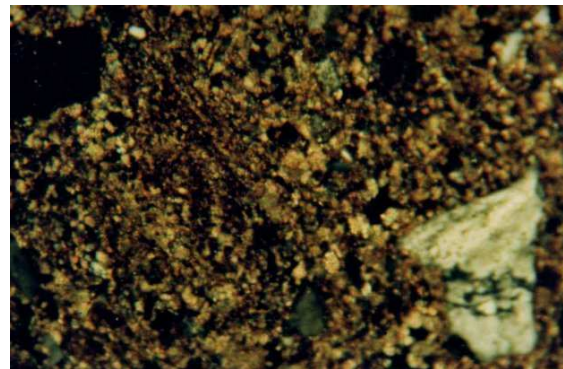
Minerales arcillosos

e) Caracteres especiales: Los fragmentos líticos son de volcánicas principalmente, sus formas son principalmente equigranulares y su redondeamiento varía de subredondo a subanguloso, su tamaño alcanza hasta 2 mm. Los fragmentos de cristales de feldespato son de forma equigranular predominante, subangulosos. Los fragmentos de cristales de cuarzo son de forma equigranular angulosa y los cristales de biotita son elongados. La calcita es muy abundante.



Luz natural, objetivo 10X.

Tamaño original de la micrografía 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados natural, objetivo 10X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentaria depositada en un medio acuoso de energía moderada, en condiciones oxidantes, con disolución e incorporación posterior de calcita.

V.- CLASIFICACIÓN CALIZA ARENOSA

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV88-430

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Camino Cuicatlán-Quioitepec.
Coordenadas 96° 58' 40" W - 17° 51' 11" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color gris a café claro, dispuesta en estratos delgados, compacta.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: *Grayish orange pink* (5YR ⁷/₁₂)

Estructura y textura: Clástica, de grano fino, con estratificación delgada.

Minerales observables: Cuarzo, fragmentos de roca, mica, y escasos feldespatos. Como matriz hematita.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Clástica, de grano fino

Mineralogía:

a) Minerales esenciales: Líticos volcánicos,
calcáreos, de arenisca

Plagioclasas

Cuarzo

Feldespatos

b) Minerales accesorios:

Hidromuscovita

c) Minerales secundarios:

d) Matriz o cementante: Hematita

e) Caracteres especiales: Los fragmentos líticos son diversos, sus formas son principalmente equigranulares y su redondeamiento varía de subanguloso a anguloso, su tamaño varía de 0,2 a 0,5 mm y ocasionalmente hasta 3 mm. Los fragmentos de cristales de plagioclasa son de forma equigranular predominante, subangulosos, muestran alteración sericitica. Los fragmentos de cristales de cuarzo son de forma equigranular angulosa. La roca muestra deficiente clasificación y presenta una matriz de óxidos de hierro.



Luz natural, objetivo 10X.
Tamaño original de la micrografía 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados natural, objetivo 10X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentaria depositada en un medio acuoso de energía moderada, con transporte de sedimentos.

V.- CLASIFICACIÓN ARCOSA

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV88-431

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Camino Cuicatlán - Quiotepec.

Coordenadas 96° 59'00" W - 17° 51'30"N.

Descripción del afloramiento: Roca de color verde claro, de estructura laminar débil, mediana a poco compacta y textura gruesa.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: Fresco: *Pale Green* (10G ⁶/₂); Intemperización: *Light Olive Gray* (5Y ⁵/₂)

Estructura y textura: Clástica o piroclástica, estratificación incipiente.

Minerales observables: Cuarzo translúcido, no se ven líticos, y muy escasos pedernal y feldespatos, en una matriz que alcanza un 25-30%. También algo de cemento calcáreo.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Clástica, de grano grueso

Mineralogía:

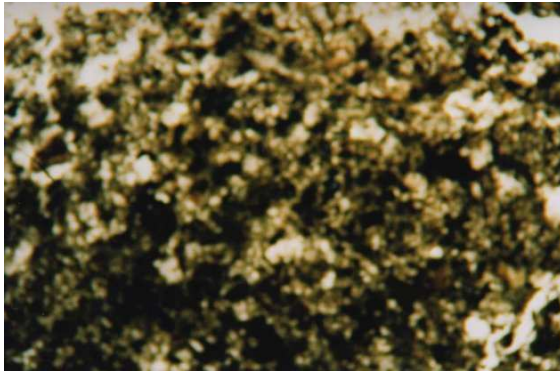
a) Minerales esenciales: Líticos ígneos
Cuarzo
Feldespatos

c) Minerales secundarios:

b) Minerales accesorios:

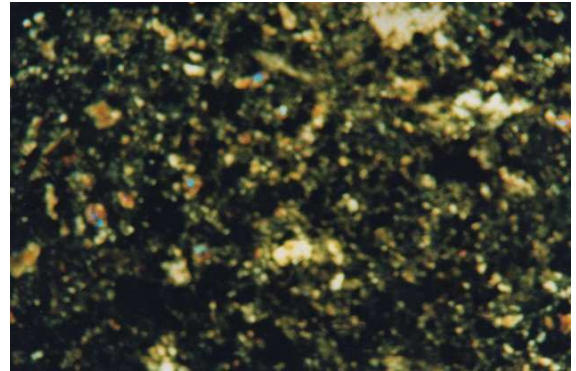
d) Matriz o cementante: Minerales arcillosos
Calcita

e) Caracteres especiales: Los fragmentos líticos son ígneos, sus formas son principalmente equigranulares y su redondeamiento varía de subanguloso a anguloso, su tamaño predominante es menor de 0,1 mm. Los fragmentos de cristales de cuarzo son de forma equigranular angulosa. Los cristales de feldespatos muestran tamaño similar y son equigranulares subangulosos. La roca muestra buena clasificación y conserva algunos minerales de una matriz limo-arcillosa original. Se observa mucho abrasivo.



Luz natural, objetivo 2,5X.

Tamaño original de la micrografía 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 2,5X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentaria depositada en un medio acuoso de baja energía.

V.- CLASIFICACIÓN ARENISCA CONGLOMERÁTICA

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV88-437

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Camino al sur de Quiotepec.
Coordenadas 96° 58' 55" W - 17° 52' 41" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color pardo a rojo, de estructura fina laminar, compacta y de textura fina. Forma una alternancia de capas de areniscas finas con limolitas.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: Arenisca: *Pale brown* (5YR ⁵/₂); Limolita: *Pale red* (10R ⁶/₂)

Estructura y textura: Clástica, estratificación laminar.

Minerales observables: Cuarzo lechoso y traslucido, mica, y escasos feldespatos. Como matriz minerales arcillosos y hematita.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Clástica, samítica de grano fino

Mineralogía:

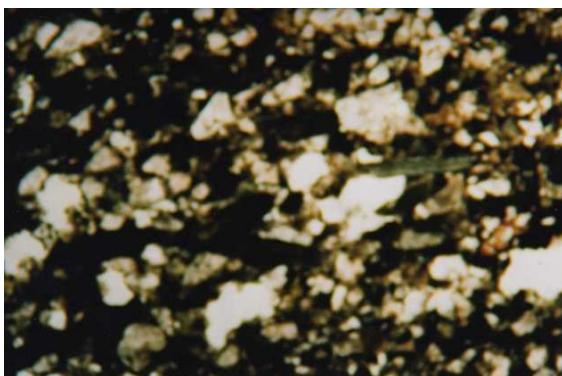
a) Minerales esenciales: Líticos metamórficos
Plagioclasas
Cuarzo

c) Minerales secundarios:

b) Minerales accesorios:
Sericita

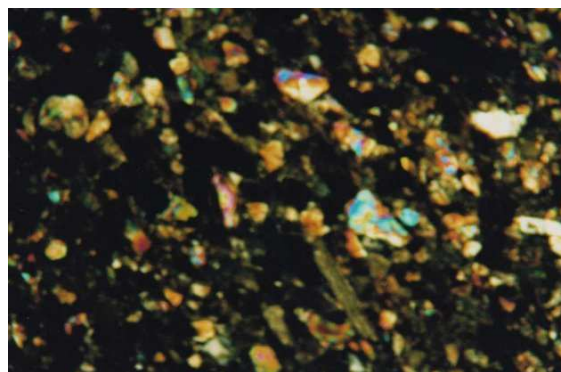
d) Matriz o cementante: Minerales arcillosos
Hematita

e) Caracteres especiales: Los fragmentos líticos son de gneis cuarzofeldespático y ortocuarcita, sus formas son principalmente equigranulares y su redondeamiento varía de subanguloso a anguloso, su tamaño varía de 0,2 a 0,5 mm y ocasionalmente hasta 3 mm. Los fragmentos de cristales de plagioclasa son de forma equigranular predominante, subangulosos, su composición es sódica y cálcica, muestran alteración sericitica. Los fragmentos de cristales de cuarzo son de forma equigranular angulosa. La roca muestra deficiente clasificación y conserva más de un 10% minerales de una matriz limo-arcillosa original.



Luz natural, objetivo 2,5X.

Tamaño original de la micrografía 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 2,5X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentaria depositada en un medio acuoso de baja energía.

V.- CLASIFICACIÓN ARCOSA

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV88-464

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Camino de brecha que parte del Km 99,7.
Coordenadas 97° 00' 28" W - 17° 53' 14" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color rojo claro y amarillo a verde, de estructura masiva, compacta y textura fina, abajo de un paquete de tobas en estratos delgados.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: 1: *Pale red* (10R 6/2); 2: *Pale greenish yellow* (10Y 8/2)

Estructura y textura: Piroclástica soldada, laminación débil.

Minerales observables: Vidrio en polvo y ceniza, cuarzo y biotita en los planos de estratificación.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Clástica, de grano muy fino

Mineralogía:

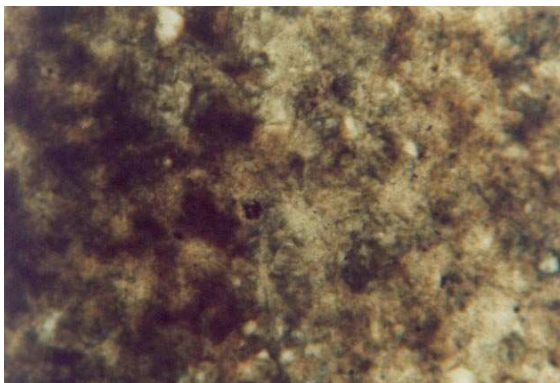
a) Minerales esenciales: Feldespatos
Cuarzo

c) Minerales secundarios:

b) Minerales accesorios: Minerales ferromagnesianos
Micas en partículas pequeñas

d) Matriz o cementante: Minerales arcillosos
CaCO₃

e) Caracteres especiales: Los fragmentos de cristales de feldespato representan más del 50% de la roca, son de forma equigranular predominante, subangulosos, muestran alteración sericítica y tienen tamaño menor de 0,05 mm. Los fragmentos de cristales de cuarzo presentan extinción ondulante, son de forma equigranular angulosa. La roca muestra clasificación regular y conserva algunos minerales de una matriz limo-arcillosa original.



Luz natural, objetivo 10X.

Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 10X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentaria depositada en un medio acuoso de baja energía.

V.- CLASIFICACIÓN LIMOLITA

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV88-470

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Camino noroccidental a Ixcatlán,
Coordenadas 97° 01' 29" W - 17° 55' 38" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color verde a gris, de estructura dispuesta en estratos de poco más de 10 cm de espesor, compacta y textura fina.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: *Light olive gray* (5R 6/1)

Estructura y textura: Clástica, laminación incipiente.

Minerales observables: Cuarzo, feldespatos y biotita, también laminas de yeso, además de carbonato de calcio como cementante.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Clástica, de grano muy fino

Mineralogía:

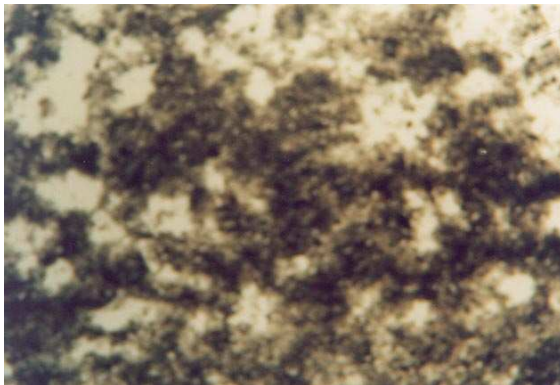
a) Minerales esenciales: Feldespatos
Cuarzo

c) Minerales secundarios: Sericita

b) Minerales accesorios: Biotita
Minerales ferromagnesianos

d) Matriz o cementante: CaCO₃

e) Caracteres especiales: Los fragmentos de cristales de feldespato son de forma equigranular predominante, subangulosos, muestran alteración sericítica y tienen tamaño menor de 0,03 mm. Los fragmentos de cristales de cuarzo son de forma equigranular angulosa, en tamaño similar a los feldespatos. La biotita se presenta en cristales tabulares, es muy escasa. La roca muestra clasificación regular.



Luz natural, objetivo 2,5X.

Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 2,5X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentaria depositada en un medio acuoso de baja energía.

V.- CLASIFICACIÓN ARENISCA FINA LIMOSA

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV88-471

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Camino noroccidental a Ixcatlán,
Coordenadas 97° 01' 29" W - 17° 55' 38" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color gris claro a rojo, dispuesta en estratos laminares, compacta y con textura fina.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: Grayish red (10R 4/2)

Estructura y textura: Clástica, estratificación laminar.

Minerales observables: Yeso en capas laminares, cuarzo, carbonato de calcio y minerales arcillosos.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Clástica

Mineralogía:

a) Minerales esenciales: Feldespatos
Cuarzo

c) Minerales secundarios:

b) Minerales accesorios: Biotita
Minerales ferromagnesianos

d) Matriz o cementante: CaCO₃
Minerales arcillosos

e) Caracteres especiales:

Los fragmentos de feldespatos se encuentran parcialmente alterados son de forma equigranular, subangulosos, con tamaño menor de 0,05 mm. Los cristales de cuarzo son de forma equigranular predominante, angulosos, tienen tamaño similar. Se presentan orientados, indicando metamorfismo incipiente ocasionado por cizallamiento.



Luz natural, objetivo 2,5X.

Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 2,5X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentaria depositada en un medio acuoso de baja energía, con deformación por cizallamiento.

V.- CLASIFICACIÓN META-ARENISCA

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV88-475

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Camino noroccidental a Ixcatlán,
Coordenadas 97° 01' 29" W - 17° 55' 38" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color ocre, de estructura laminar, compacta y de textura fina, sobre un paquete de limolitas rojas con espesor de 10 m.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: Fresco: *Moderate yellowish brown* (10YR ⁵/₄); Intemperización: *Grayish orange* (10YR ⁷/₄)

Estructura y textura: Clástica fina, estratificación laminar con intercalaciones de yeso.

Minerales observables: Yeso, cuarzo, carbonato de calcio y minerales arcillosos.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Clástica de grano fino

Mineralogía:

a) Minerales esenciales: Feldespato
Cuarzo

c) Minerales secundarios:

b) Minerales accesorios: Clorita
Minerales ferromagnesianos

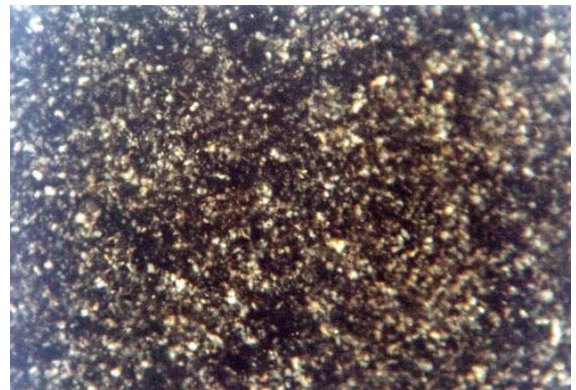
d) Matriz o cementante: Calcita

e) Caracteres especiales: Los fragmentos de cristales de feldespato son de forma equigranular predominante, subangulosos, tienen tamaño menor de 0,02 mm. Los fragmentos de cristales de cuarzo son de forma equigranular angulosa, en tamaño similar a los feldespatos.



Luz natural, objetivo 10X.

Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 10X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentaria depositada en un medio acuoso de baja energía.

V.- CLASIFICACIÓN LIMOLITA

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV90-198

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Km 80,3 de la carretera, al norte del área.
Coordenadas 97° 03'00" W - 18° 00'35"N.

Descripción del afloramiento: Roca de color pardo a rojo, de estructura delgada a laminar, medianamente compacta y de textura fina.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: *Grayish orange pink* (5R 1/2)

Estructura y textura: Clástica, estratificación laminar con bandeamiento.

Minerales observables: Cuarzo lechoso y translúcido, escasos feldespatos y moscovita, minerales arcillosos. Como cementante carbonato de calcio.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Clástica, de grano muy fino

Mineralogía:

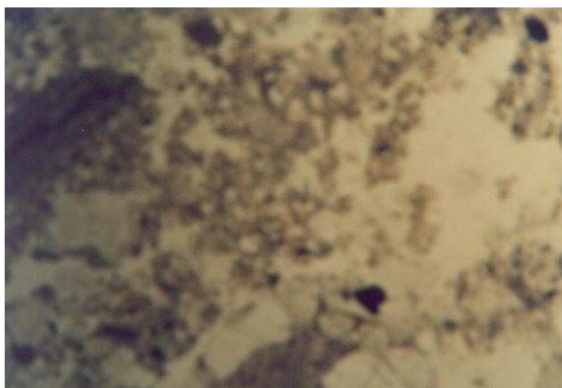
a) Minerales esenciales: Feldespatos
Cuarzo

c) Minerales secundarios:

b) Minerales accesorios: Biotita escasa

d) Matriz o cementante: Minerales arcillosos
Calcita abundante

e) Caracteres especiales: Los fragmentos de feldespato son principalmente equigranulares y su redondeamiento varía de subanguloso a subredondeado, su tamaño varía de 0,3 a 0,5 mm. Los fragmentos de cristales de cuarzo son de forma equigranular predominante, angulosos, su tamaño es similar al de los fragmentos líticos. La roca muestra deficiente clasificación y presenta calcita abundante como aglutinante y rellenando feacturas.



Luz natural, objetivo 2,5X.

Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 2,5X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentaria depositada en un medio acuoso de baja energía y retrabajo de sedimentos, además de incorporación posterior de calcita secundaria.

V.- CLASIFICACIÓN ARENISCA CALCÁREA

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV90-200

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Camino noroccidental a Ixcatlán.

Coordenadas 97° 02' 15" W - 17° 56' 11" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color ocre, de estructura laminar, compacta y de textura fina, sobre un paquete de limolitas rojas.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: Fresco: *Moderate yellowish brown* (10YR ⁵/₄); Intemperización: *Grayish orange* (10YR ⁷/₄)

Estructura y textura: Clástica fina, estratificación laminar con intercalaciones de yeso.

Minerales observables: Yeso, cuarzo, carbonato de calcio y minerales arcillosos.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Clástica, de grano fino

Mineralogía:

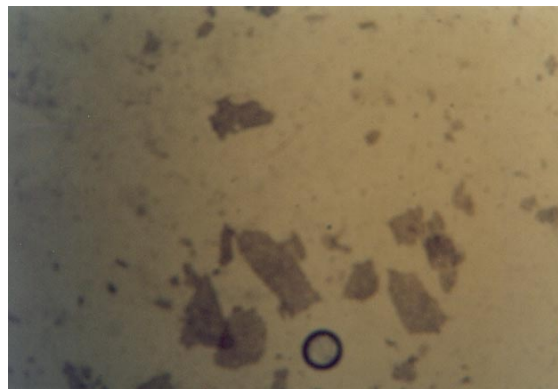
a) Minerales esenciales: Líticos metamórficos

c) Minerales secundarios:

b) Minerales accesorios:

d) Matriz o cementante:

e) Caracteres especiales: **Se perdieron los materiales suaves.** Los fragmentos líticos son de gneis cuarzofeldespático, sus formas son principalmente equigranulares y angulosos, su tamaño varía de 0,6 a 1,2 mm.



Luz natural, objetivo 2,5X.

Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentaria depositada en un medio acuoso de muy baja energía, en condiciones oxidantes e incorporación posterior de yeso y calcita secundaria.

V.- CLASIFICACIÓN YESO

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas

Muestra: FV90-218

I.- DATOS DE CAMPO

Colector: I. Ferrusquía – F. García

Localidad: Camino Cuicatlán a Quiotepec.
Coordenadas 96° 58' 32" W - 17° 50' 02" N.

Descripción del afloramiento: Roca de color verde claro, de estructura estratificada débil, mediana a poco compacta y textura fina a media.

II.- DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Color: *Pale Green* (10G ⁶/₂)

Estructura y textura: Clástica o piroclástica, estratificación incipiente.

Minerales observables: Cuarzo translúcido, líticos, y muy escasos pedernal y feldespatos, en una matriz de ceniza? También algo de cemento calcáreo.

III.- DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

Textura: Piroclástica, con homostásis holocristalina pilotáxica.

Mineralogía:

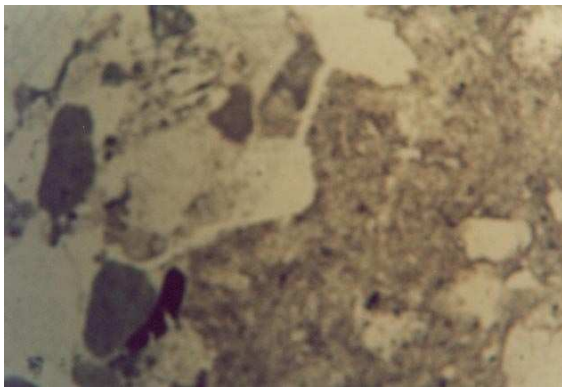
a) Minerales esenciales: Líticos metamórficos
Líticos de biomicrita
Líticos de roca volcánica
Sanidino, cuarzo

b) Minerales accesorios: Olivino
Ferromagnesianos

c) Minerales secundarios: Calcita

d) Matriz o cementante:

e) Caracteres especiales: Los fragmentos líticos más numerosos son de roca metamórfica, de forma equigranular, redondeados a subredondeados, con tamaño de hasta 8 mm. También de caliza, de forma redondeada a subredondeada y con tamaño de hasta 3 mm y de volcánicas, posiblemente basaltos, de forma equigranular, subredondeada, de tamaño de hasta 3 mm.



Luz natural, objetivo 2,5X.

Tamaño original de las micrografías 15 x 10 cm.



Nicoles cruzados, objetivo 2,5X.

IV.- ORIGEN DE LA ROCA Sedimentaria depositada en un medio acuoso de alta energía, en condiciones oxidantes e incorporación posterior de calcita secundaria.

V.- CLASIFICACIÓN ARENISCA CONGLOMERÁTICA

Fecha: Diciembre/2007

Petrógrafo: Felipe García Villegas.

Sección principal de referencia de la Filarenita Quiotepec

En el apartado de Consideración Histórico-Taxonómico-Nomenclatural se indicó la necesidad de formalizar esta unidad, por ello se designó la Localidad tipo, atendiendo principalmente al criterio de accesibilidad, sin embargo, no se encontró un sitio que cumpla todos los requisitos de una Sección de Referencia de acuerdo con lo establecido en el Código Estratigráfico Norteamericano [Art. 8 (e)], por lo cual se midió una Sección de Referencia Principal.

La traza de esta sección se muestra en el Plano 1 (Sección Medida 4), se localiza a unos 300 m al este del puente sobre el km 83,7 en la Barranca Chile. Inicia en la cima de una loma a partir de la cual no se observa un nivel equivalente lateral, ya que está cubierto el terreno por suelo y vegetación. La sección desciende con rumbo N67°W, aproximadamente perpendicular al rumbo de capa y termina en el arroyo que labró la Barranca Chile.

Unidad		Espesor (m)
s/n	Cima de loma cubierta por suelo residual con espesor promedio de 20 cm.	
1	Arenisca fina, de color rojo pálido, bien consolidada, en estratos delgados con intercalación de escasos horizontes laminares de color blanco, en los cuales se presenta carbonato de calcio. -----	1,45
2	Brecha de color rojo a café, alterada, contiene fragmentos de hasta 5 cm de diámetro, subangulosos, en una matriz de grano muy fino, poco consolidada, con estratificación incipiente. -----	2,10
3	Arenisca fina, de color rojo pálido, bien consolidada, en estratos delgados con intercalación de escasos horizontes laminares de color blanco, con espesor de 2 a 7 cm, en los cuales se presenta carbonato de calcio y yeso. -----	2,60
4	Limolita alterada, de color rojo a gris claro, poco consolidada y organizada en estratos laminares.-----	2,20
5	Arenisca fina, de color rojo pálido, bien consolidada y compuesta de estratos delgados.-----	1,90
6	Arenisca fina a limolita, de color rojo pálido, bien consolidada y en capas laminares en las cuales se observa mica. -----	0,60
7	Arenisca fina, de color rojo pálido, bien consolidada y organizada en estratos laminares. -----	2,00
8	Brecha de color rojo pálido, compacta, con fragmentos granulares, subangulosos, en una matriz de grano muy fino, bien consolidada, con estratificación incipiente. -----	1,00

9	Arenisca de grano medio, de color rojo pálido, bien consolidada, los fragmentos son de gneis, esquisto cuarzofeldespático y andesita, presentan estratificación laminar. -----	0,20
10	Limolita de color rojo a rosa, algo micácea, poco consolidada y con estratificación laminar. -----	0,15
11	Brecha de color rojo pálido, compacta, con fragmentos de 2 a 5 cm de diámetro, subangulosos, en una matriz de grano fino, bien consolidada, con estratificación incipiente. -----	1,00
12	Arenisca fina a limolita, de color rojo pálido, en estratos delgados a medianos, bien consolidada, en estratos laminares. -----	4,50
13	Brecha de color rojo pálido, compacta, contiene fragmentos de hasta 40 cm de diámetro, subangulosos, en los que predominan los de roca metamórfica como gneis, esquisto y roca verde, con una matriz de grano fino, bien consolidada, la cual presenta cantidades importantes de mica y con estratificación poco marcada. -----	4,20
14	Arenisca fina a limolita, de color rojo pálido, en estratos delgados a medianos, bien consolidada, con intemperismo esferoidal. -----	3,10
15	Brecha de color rojo a café, constituida por fragmentos subangulosos, de 2 a 5 cm de diámetro, en una matriz de arenisca fina a media, bien consolidada. -----	2,20
16	Arenisca fina, de color rojo pálido, compacta, con estratificación laminar dispuesta en estratos delgados. -----	1,00
17	Brecha de color rojo a café, formada por fragmentos subangulosos con diámetro más frecuente entre 2 y 8 cm, en una matriz de arenisca fina a media, muy compacta. -----	1,40
18	Arenisca fina, de color rojo pálido, muy compacta; tiene gran cantidad de mica, muestra estratificación laminar. -----	0,80
	Formación Cuicatlán: Brecha de color rojo a café, muy bien consolidada, formada por fragmentos subangulosos predominantemente de gneis y esquisto, además de algunas andesitas, masiva. Contacto transicional.	
	Total medido -----	32,40

Sistema Cuaternario

No se intentó su diferenciación estratigráfica formal, sólo se describen brevemente las principales variedades litológicas observadas y algunos de los cuerpos que forman.

III.7 Conglomerado Polimítico

Esta unidad incluye cuerpos de constitución y posición estratigráfica similares en dos zonas y tienen áreas de afloramiento pequeñas. La primera, se localiza en el área de Santa María Tecomavaca, al noreste del Río Salado; la segunda, está próxima al poblado Guadalupe de los Obos.



Figura 35. Terrazas aluviales descansando discordantemente sobre la Formación Quiotepec, en el área de Tecomavaca.

El cuerpo rocoso de Tecomavaca se encuentra al pie de la Sierra de Zongolica; sus geoformas más importantes son las terrazas de tipo aluvial (Figura 35) que descansan sobre cuevas suaves. Tienen una pendiente general menor de 5°, fuertemente disecadas, a tal grado que, actualmente, algunos depósitos se presentan aislados. Su espesor máximo es 30 m y está compuesto por un conglomerado de grava muy poco consolidado, inmaduro, de fragmentos de rocas metamórficas, masivo o con estratificación gruesa muy poco marcada. Los fragmentos son predominantemente redondeados a subangulosos y se engloban en una matriz limo-arcillosa. Su origen se debe al depósito, con transporte moderado, que generó el Río Salado en un nivel topográfico mayor que el actual.

Cubre discordantemente a la Filarenita Quiotepec y su edad se considera cuaternaria o tal vez pliocénica tardía.

Por otra parte, los cuerpos rocosos de Los Obos se encuentran al pie de la Sierras Mixtecas, se expresan geomorfológicamente como terrazas de tipo aluvial, las más extensas se encuentran en la zona del poblado del mismo nombre y se distribuyen un poco más al sur, aquí se observan los depósitos que rellenan también algunos de los cauces de los arroyos que descienden de las sierras. También se observaron depósitos de esta unidad al sur del Río Seco, en la zona de curvas de la carretera, aunque son de menor extensión. Las terrazas descansan sobre cuevas suaves, con pendientes mayores que los cuerpos de Tecomavaca, el grado de disección también es mayor.

Su espesor varía de 0 a 20 m; está compuesto por un conglomerado de grava muy poco consolidado, el cual contiene principalmente fragmentos de rocas calcáreas, redondeadas; no muestran estratificación y se engloban en una matriz limo-arcillosa. También hay depósitos pequeños, con un espesor 0 a 15 m, aislados, en la zona de la depresión; los cuales, por su tamaño no se cartografiaron. Su origen debe ser aluvial, aunque por el grado de redondez el transporte que sufrieron fue mayor. También cubren discordantemente a la unidad Quiotepec y se considera que su edad puede ser cuaternaria o tal vez pliocénica tardía.

III.8 Depósitos Aluviales

Estos depósitos están asociados a los cauces de los ríos mayores (Salado y Grande), a sus afluentes principales y a las zonas anexas de los valles respectivos; los más extensos se encuentran en la margen occidental del Río Grande, entre Los Obos y Cuicatlán, donde se interrumpen ocasionalmente por cerros pequeños, de poca altura, que son remanentes de algunas unidades terciarias. Están constituidos por clastos mal clasificados, poco o nada consolidados (Figura 36), de fragmentos de las unidades subyacentes, con predominio de líticos metamórficos y calcáreos en las fracciones de gravas a bloques, de cuarzo, pedernal y felsitas en las fracciones arenosas y limos. Los depósitos aluviales de canal, son de grano grueso y tienen estratificación cruzada, tabular festoneada, en tanto que los de planicies de inundación muestran estratificación laminar paralela o cruzada de ángulo bajo y grano fino. El espesor de estos depósitos varía mucho, estimándose que el espesor máximo puede alcanzar más de 5 m, como se observa en el Río Grande, frente a la desviación a Tomellín. Cubren en forma discordante a todas las unidades terciarias. Su edad es cuaternaria, muy probablemente holocénica.



Figura 36. Depósitos aluviales en los arroyos de la zona al noreste de Tecomavaca.

III.9 Depósitos Coluviales

Son menos abundantes y están formados por la regolita generada sobre los cuerpos litoestratigráficos mejor consolidados: Complejo Metamórfico, Secuencia Calcárea Cretácica, Brecha Río Chiquito, Conglomerado Río Seco; además en algunos lugares cubre a los miembros tobáceo y limoso de la Formación Tomellín. Los clastos son, en general, angulosos o subredondeados; no están consolidados y forman depósitos delgados, reconocibles sólo en áreas donde la vegetación es escasa. Debido a su tamaño no se cartografiaron en el plano geológico.

III.10 Suelos

Se desarrollan sobre todas las unidades, pero debido a las variaciones climáticas y al relieve, en general son delgados, inmaduros y de modesta fertilidad; por lo que, aquellos que se utilizan para actividades agrícolas requieren de abono en forma regular.

IV. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

El rasgo estructural más importante en la región está representado por la semi-fosa que produce el sistema de fallas normales NNW-SSE, que separan al Complejo Metamórfico del relleno cenozoico en la porción oriental y a éste, de las rocas carbonatadas de la Secuencia Calcárea Cretácica en la porción occidental (Plano 1). El criterio para considerarla de esta manera se basó en el salto estimado de las fallas, ya que las rocas calcáreas, localizadas al poniente de la zona de la depresión, tienen una posible correspondencia con la porción del oriente de ésta, a unos 25 km de ésta, en niveles topográficos más elevados, que sugieren un desnivel de por lo menos 1500 m. Otro rasgo importante es el escalonamiento de bloques desde ambos lados de la depresión hacia el centro de ésta (ver secciones, Plano 2).

Este sistema fue reconocido en el borde de la depresión desde 1931 como “grietas” (Barrera), el mismo autor posteriormente les llamó fallas (1946) y después se le denominó lineamiento transcontinental (Álvarez y Del Río, 1975); Falla Pico de Orizaba-Tehuacán-Oaxaca (Demant, 1978) y Falla Oaxaca (sic, Ortega-Gutiérrez; 1981, 1982), ya que constituye un rasgo estructural regional con longitud aproximada de 160 km.

Para interpretar la evolución de la Falla Oaxaca, Alaniz-Álvarez *et al.* (1994) y Nieto-Samaniego *et al.* (1995), indicaron que ésta se asocia con la presencia de un cinturón milonítico, de bajo ángulo, orientado al NNW, con buzamiento al oeste que representa la zona de contacto entre dos complejos metamórficos. Como apoyo para caracterizar a esta faja de milonitas emplearon análisis petrográficos, isotópicos y algunos fechamientos radiométricos.

Esta región muestra dos foliaciones miloníticas subparalelas, asociadas a estructuras semifrágiles (Alaniz-Álvarez *et al.*, 1996), que representan dos eventos principales de deformación milonítica a los que sucedió un evento de deformación en la zona de transición dúctil-frágil.

La primera deformación se relaciona con fallamiento inverso hacia el Este. La segunda deformación está orientada (estadísticamente) en forma paralela a la primera, aunque las lineaciones son subhorizontales, lo cual indica fallamiento lateral, este evento ocurrió hace aproximadamente 165 Ma, de acuerdo con análisis radiométricos U-Pb en zircón y monacita, y $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ en moscovita. La tercera deformación se relaciona con un evento extensional en el cual las estructuras tuvieron un comportamiento semifrágil que puede asociarse a la exhumación del cinturón milonítico, por primera vez, en el lapso 165 a 140 Ma.

Según Nieto-Samaniego *et al.* (1995) el cinturón milonítico fue levantado de nuevo en el Cenozoico Superior por fallamiento normal (no se discuten unidades, ni se detallan estructuras terciarias en su trabajo).

En este marco y considerando que este estudio no tiene como objetivo principal revisar detalladamente la geología estructural de la zona, se analizan a continuación algunos de los datos obtenidos.

IV.1. Basamento Precenozoico

En las rocas del Complejo Metamórfico se observaron planos de foliación de tipo isoclinal asimétrica, con orientación predominante N-S e inclinación hacia el W. Con relación al fallamiento, sólo en estas rocas fue posible encontrar planos con estrías de falla (Figura 37). Las estructuras presentes en la porción noreste del área se tomaron del plano de Ángeles-Moreno (2006). En las rocas calcáreas, como ya se ha mencionado, la estratificación tiende a ser horizontal; respecto al fallamiento, solo se observaron zonas alteradas y trituradas.

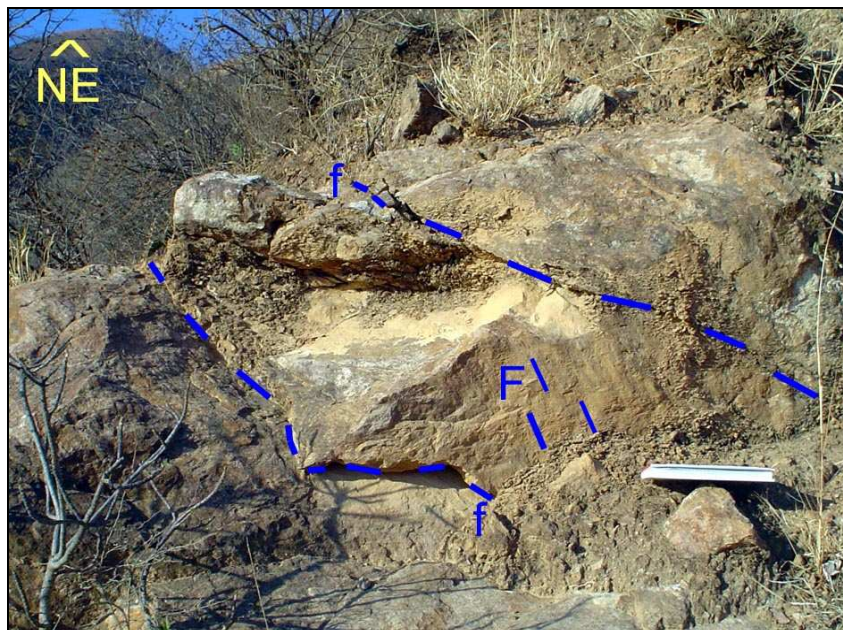


Figura 37. Estrías de falla (F) del Sistema NW en rocas del Complejo Metamórfico y fracturas (f) paralelas a la foliación, camino Tecomavaca a Pochotepec.

La mayoría de las fallas son de tipo normal, de ángulo alto con magnitud que varía de unos cuantos a varias decenas de metros, aunque en las rocas miloníticas también hay fallas inversas principalmente con orientación NNW y dirección de empuje al Este (Figura 38), algunos de estos últimos planos desarrollaron estructuras sigmoides.

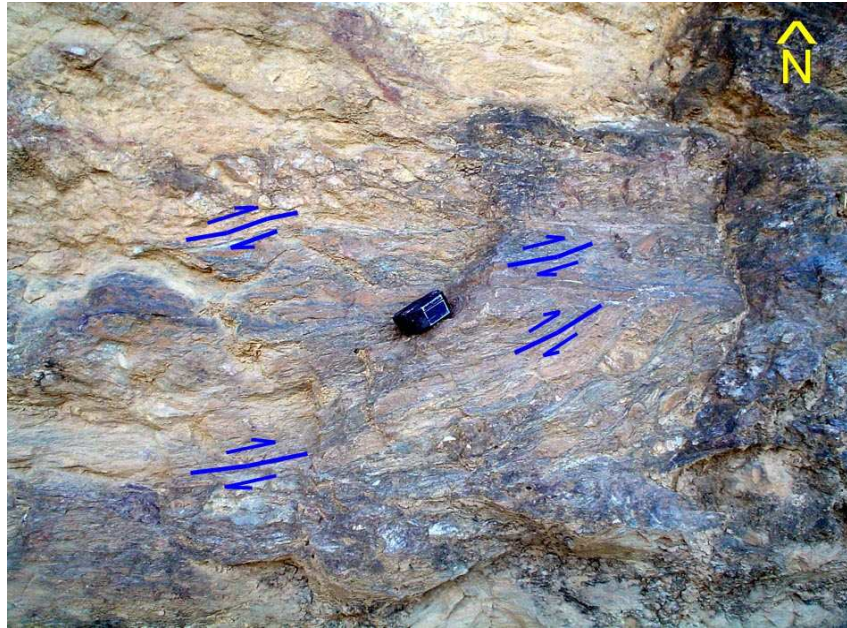


Figura 38. Zona de cizalla de falla inversa en esquistos cuarzo-feldespáticos milonitizados, en el camino Quiotepec a San Juan Chiquihuitán.

Los datos de planos de fracturas y fallas en las rocas metamórficas tienen cuatro tendencias principales de orientación: NW (j1), NE (j2), N-S (j3) y E-W (j4), las dos primeras parecen ser las más numerosas, ambas son de ángulo alto, de tipo normal con una componente de desplazamiento lateral, predominantemente derecho. La N-S es la que muestra mayor longitud y comprende a la actual Falla Oaxaca, de manera atípica, es de tipo normal con inclinación del orden de 30° (Plano 1 y Figura 39), también hay algunos planos de bajo ángulo inclinados al W y SE que corresponden a fallas inversas. La E-W es la menos numerosa, en estos planos sólo se observaron algunos rasgos de desplazamiento normal.

En cuanto al fracturamiento en las rocas calcáreas (Figura 40), también se observan los cuatro sistemas anteriores (j1, j2, j3 y j4) con poca variación. Los planos de falla que predominan en estas rocas son de tipo normal. En los planos con orientación NW y NE sólo se pudo interpretar un desplazamiento lateral izquierdo a partir de fotografías aéreas.

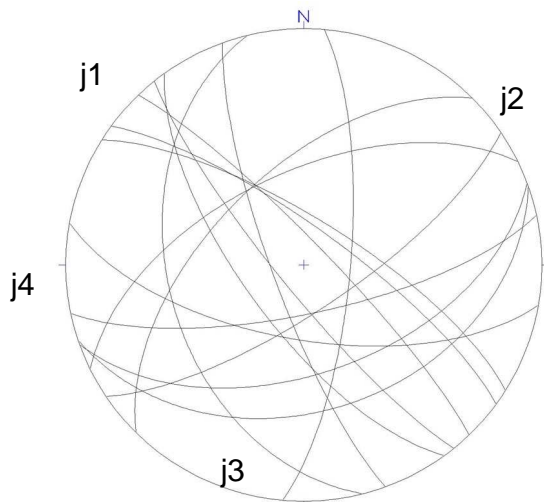


Figura 39. Diagrama beta, hemisferio inferior, de fracturas y fallas en las rocas metamórficas.

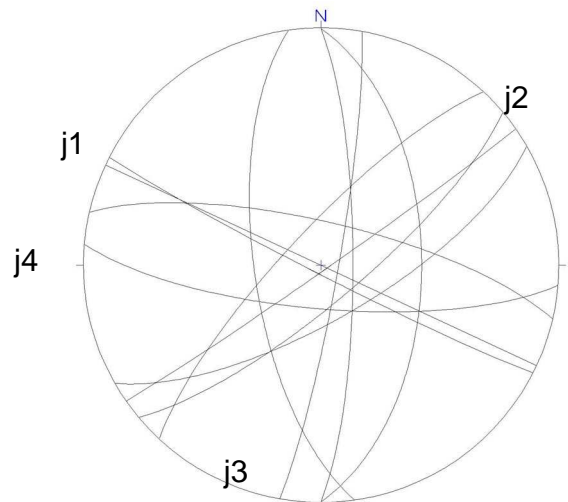


Figura 40. Diagrama beta, hemisferio inferior, de fracturas y fallas en las rocas calcáreas.

IV.2. Secuencia Cenozoica

En los cuerpos rocosos de la secuencia cenozoica las fallas y fracturas son numerosas; sin embargo, generalmente sólo se observan las zonas de cizalla y se extienden unos cuantos centímetros, en ocasiones se tienen pliegues de arrastre, pero no espejos de falla.

En estas unidades también se observan los cuatro sistemas reconocidos en las rocas precenozoicas: NW (j1), NE (Figura 41, j2), N-S (j3) y E-W (j4). Los dos primeros parecen ser los más numerosos, de tipo normal con un componente lateral, principalmente derecho; el Sistema N-S es el que forma los bordes de la Depresión y desplaza a los sistemas anteriores; y el Sistema E-W puede estar asociado a fallas normales y diaclasas perpendiculares al rumbo de las capas del relleno sedimentario cenozoico.

Las estructuras más notables son las que representan la expresión actual de la Falla Oaxaca; son fallas de tipo normal, con orientación NNW e inclinación hacia el WSW del orden de 30° y ocasionalmente de 60° (Figura 42), cruzan toda el área de estudio en su porción oriental (Plano 1) y ponen en contacto a las rocas del Complejo Metamórfico con rocas depositadas posteriormente al Mioceno Medio. El contacto más frecuente, es con las rocas de la Formación Cuicatlán, al sur del Cañón de Tomellín, labrado por el Río Grande y en menor medida, con las rocas de la Filarenita Quiotepec al norte del Cañón de Tomellín. La zona de contacto se expresa como una franja alterada con espesor que varía de 30 cm a 1 m. Geométricamente este sistema muestra un arreglo semejante al encontrado por Dávalos-Álvarez (2006) en la zona Tehuacán-Teotitlán, es decir, relevos de falla, como un mecanismo de propagación de la megaestructura, las rampas de relevo son cortas (con longitud menor de 2 km) y se encuentran al este de Santa María Tecomavaca y al este y noreste de Cuicatlán.



Figura 41. Falla normal del sistema NE en rocas de la Formación Cuicatlán, al noreste de la población del mismo nombre.



Figura 42. Contacto por falla normal entre la Formación Cuicatlán (a la izquierda) y el Complejo Metamórfico (a la derecha) al oriente del poblado Quiotepec.

En las rocas que componen al Conglomerado Río Seco los sistemas de fallas y fracturas están orientados NW y NE, el primero forma escalones que descienden hacia la depresión y el segundo guía el cauce de los principales arroyos y barrancas.

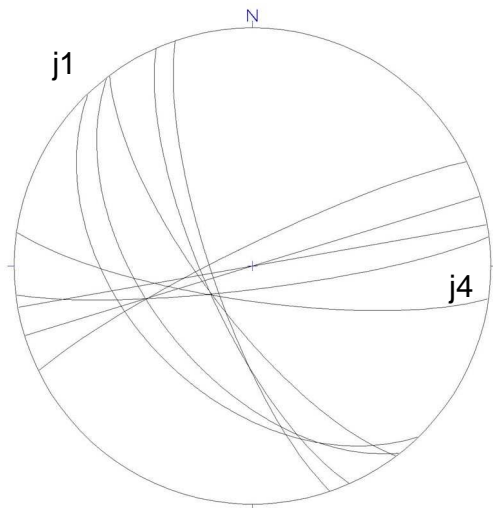


Figura 43. Diagrama beta, hemisferio inferior, de fracturas y fallas en las rocas de la Formación Tomellín.

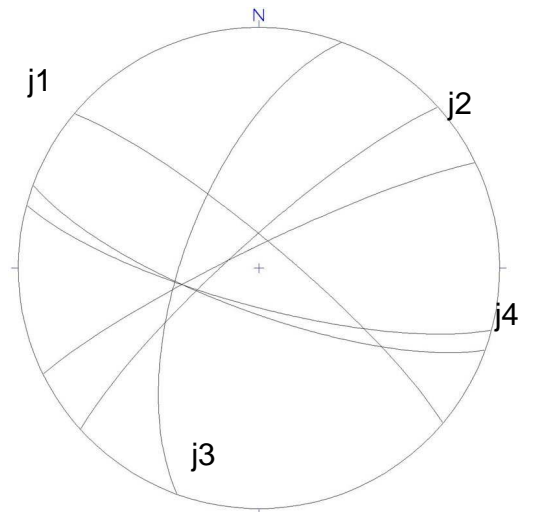


Figura 44. Diagrama beta, hemisferio inferior, de fracturas y fallas en las rocas de la Formación Cuicatlán.

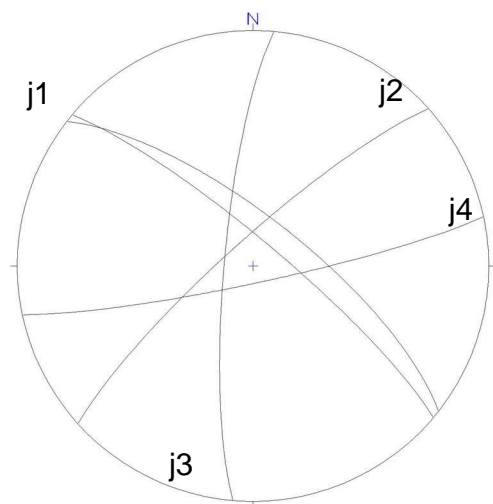


Figura 45. Diagrama beta, hemisferio inferior, de fracturas y fallas en las rocas de la Filarenita Quiotepec.

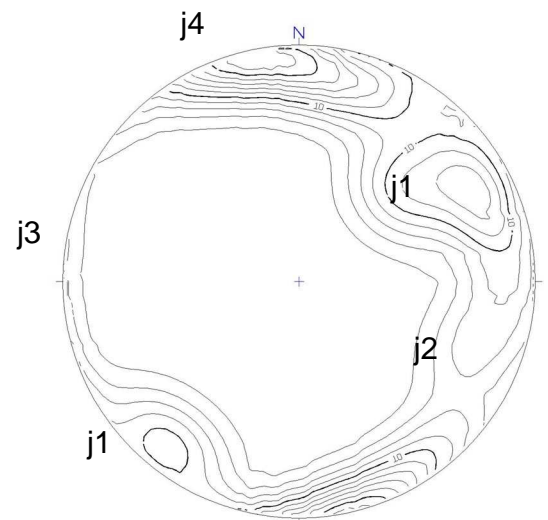


Figura 46. Diagrama de densidad de polos, en proyección equiareal, hemisferio inferior, de fracturas y fallas en las rocas cenozoicas.

En la Formación Tomellín los principales sistemas de fallas y fracturas tienen orientaciones NW y ENE a E-W (Figura 43), generalmente son de tipo normal y ángulo alto. En las rocas de la Formación Cuicatlán es poco frecuente observar fracturas a nivel de afloramiento, generalmente se presentan a escala mayor, los sistemas de fallas normales y de fracturas muestran orientaciones NW, NE, E-W y N-S con inclinación de grado alto (figura 44). En la Filarenita Quiotepec, (Figura 45) también están representados los cuatro sistemas ya reconocidos en las rocas cenozoicas(Figura 46), y que representan poca variación con respecto a las pre-cenozoicas.

V. SIGNIFICADO GEOLÓGICO REGIONAL DE LA INFORMACIÓN LITOESTRATIGRÁFICA Y ESTRUCTURAL DE LA SECUENCIA CENOZOICA DEL ÁREA TECOMAVACA-CUICATLÁN

De acuerdo con Morán-Zenteno *et al.* (1999, p. 519), los primeros resultados del trabajo estratigráfico en la zona de la Falla Oaxaca (Ferrusquía-Villafranca *et al.*, 1988; Ferrusquía-Villafranca, 1990), indican, de manera implícita en el primer caso, que la actividad normal más reciente en esta estructura corresponde al Mioceno, además indican (p. 519) “*However, reseach centered directly on the fault, its kinematics, and timing has failed to provide conclusive evidence regarding the age of its most recent normal movement* (Centeno-García, 1989; Alaniz-Álvarez *et al.*, 1996)”.

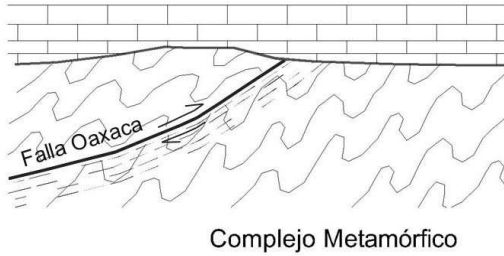
Recientemente, Nieto-Samaniego *et al.* (2006, p.1877) en un trabajo acerca de los eventos de deformación en el Este de la Sierra Madre del Sur, infieren que la Falla de Oaxaca tuvo actividad normal antes de $27,1 \pm 0,7$ Ma, con base en fechamiento K-Ar en moscovita de una toba riolítica intercalada en sedimentos de la base de la Formación Tehuacán (Dávalos-Álvarez, 2006, p. 55), para la cual consideran un alcance del Oligoceno Tardío al Mioceno-Medio (Dávalos-Álvarez, *op. cit.*, p. 24). Como ya se mencionó, en la discusión de la edad de la Filarenita Quitepec (p. 101), las unidades litoestratigráficas eocénicas presentadas en la columna de Dávalos (*op. cit.*, p. 24), requieren de revisión en varios aspectos.

En este marco, las aportaciones que pueden obtenerse del análisis de las unidades litoestratigráficas cenozoicas, a pesar de la ausencia de datos estructurales completos, puede resumirse de la manera siguiente:

De las unidades cenozoicas, la más antigua (Conglomerado Río Seco) representa un ambiente de depósito aluvial de alta energía, producido principalmente a partir de la erosión de las rocas calcáreas cretácicas (Figura 47a), después de un episodio de levantamiento, probablemente, causado por fallamiento de tipo normal, más que por el plegamiento laramídico (un argumento que apoya esto es la ausencia de plegamiento fuerte en las rocas cretácicas de la zona). La distribución del conglomerado debió ser amplia, considerando que estas rocas actualmente se encuentran como casquetes en las montañas de la porción occidental. El evento tectónico que originó la erosión de las rocas de la Secuencia Calcárea Cretácica probablemente se produjo en un lapso avanzado del Paleógeno (Figura 47b) o principio del Oligoceno, considerando la discordancia angular que existe entre las rocas cretácicas y el Conglomerado Río Seco.

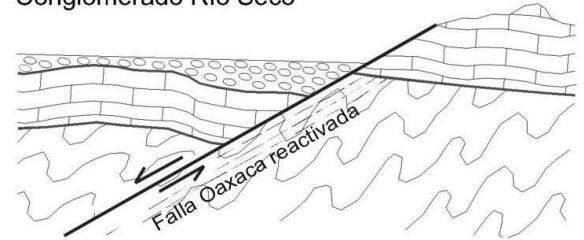
a) CRETÁCICO

Secuencia Calcárea Cretácica



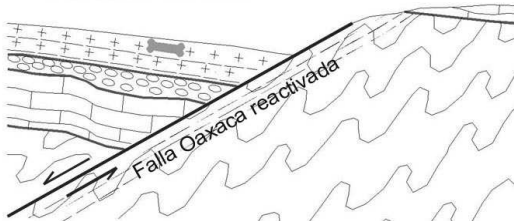
b) PALEÓGENO ?

Conglomerado Río Seco



c) MIOCENO MEDIO

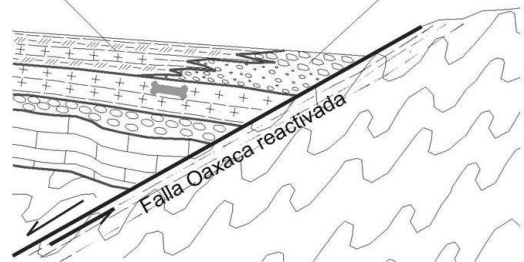
Formación Tomellín



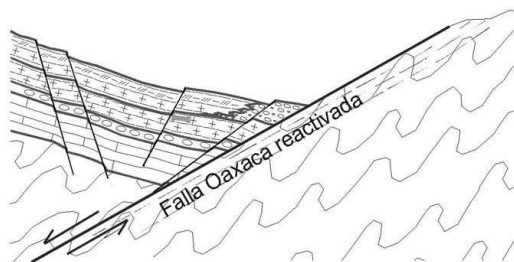
d) MIOCENO TARDÍO ?

Filarenita Quiotepec

Formación Cuicatlán



e) MIOCENO FINAL-PLIOCENO ?



f) CUATERNARIO

LA CAÑADA

Falla Oaxaca Actual

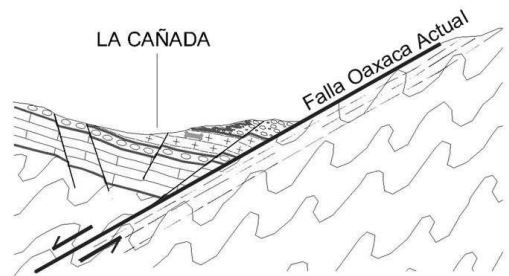


Figura 47. Representación esquemática de la evolución tectonoestratigráfica del área, durante el Cretácico (a) y en el Cenozoico: Paleógeno ? (b), Mioceno Medio a Tardío (c), Mioceno Tardío ? (d), Mioceno Final-Plioceno ? (e) y Cuaternario (f) [ver p. 127, 129, para discusión completa].

La siguiente unidad (Formación Tomellín), representa el inicio del relleno de la depresión; se asocia con la actividad más importante de fallamiento y que formó La Cañada. Indica la presencia de actividad volcánica explosiva distante, por la abundancia de piroclastos del tamaño de la ceniza, así como un depósito escaso de derrames de basalto de olivino, además de clásticos en un ambiente de lago. Sus fósiles indican condiciones favorables para la vida de fauna mamífera, durante el Mioceno Medio y esta edad marca el evento tectónico que origina la unidad litoestratigráfica basal de la fosa (Figura 47c).

Después, cambiaron las condiciones ambientales, probablemente asociadas a una reactivación en la deformación frágil, de tipo normal, como se infiere de la sobreposición de las capas de la siguiente unidad litoestratigráfica, lo cual indica que continuó el hundimiento de la depresión, esto sucedió probablemente durante el Mioceno Tardío (Figura 47d). El desnivel topográfico se amplió y se produjo depósito de tipo aluvial y de planicie de inundación (Formación Cuicatlán), aparentemente el agente erosivo fue el precursor Rio Grande que drenaba hacia el oriente.

La cuarta unidad cenozoica (Filarenita Quiotepec), coexiste en gran parte con la unidad anterior y representa condiciones de depósito de lago y aridez en la porción septentrional de la región, aparentemente esta área comprendió una cuenca cerrada con drenaje preferente hacia el norte. Se desconocen las condiciones de la barrera entre la zona de lago y la zona aluvial representada por la Formación Cuicatlán, esta barrera parece mostrar una orientación noreste. Como ya se ha señalado, la Filarenita Quiotepec muestra continuidad hacia el norte con la unidad Lechos Rojos Tilapa de Dávalos-Álvarez (2006), a la cual éste consideró de edad eocénica, con base en relaciones estratigráficas, lo cual es incompatible con el modelo presentado en este trabajo y requiere de una mayor revisión.

El último episodio de fallamiento (Figura 47e) es responsable de la apariencia actual de la Falla Oaxaca y desplazó de forma escalonada a las unidades cenozoicas sobre los cuerpos rocosos metamórficos del Este y sobre las rocas carbonatadas cretácicas del Oeste de la depresión. El evento tectónico probablemente se ubicaría en la parte final del Mioceno o al inicio del Plioceno. Esta actividad probablemente dio como resultado la captura del Rio Salado por el Rio Grande, con lo que se aceleró el aplanado del fondo de La Cañada (Figura 47f) y su drenado hacia el Oriente.

La última unidad, depositada probablemente al inicio del Cuaternario, indica condiciones de depósitos aluviales muy semejantes a las actuales, en un nivel base de erosión más alto que el que se tiene hoy en día.

Otro argumento para apoyar la frecuente actividad en la Falla Oaxaca durante el Cenozoico es el comportamiento del depósito de las unidades litoestratigráficas con inclinación progresiva de las capas hacia la falla, es decir, las unidades más antiguas tienden a mostrar un echado más fuerte hacia el Este que las más jóvenes.

El Conglomerado Río Seco presenta echado promedio de 15° hacia el este y noreste (Figura 48), aunque es posible observar inclinaciones mayores en zonas próximas a fallas.



Figura 48. Contacto discordante de la parte superior de la Secuencia Calcárea Cretácica (a), bajo el Conglomerado Río Seco (b), en la porción noroccidental de la zona de estudio.

En la Formación Tomellín la inclinación promedio del echado varía de 7 a 23° hacia el NE (Figura 49). Mientras que en la Formación Cuicatlán la inclinación predominante del echado varía de 5 a 12° hacia el NE (Figura 50) y en la Filarenita Quiotepec, la inclinación más frecuente es menor de 12° (Figura 51).

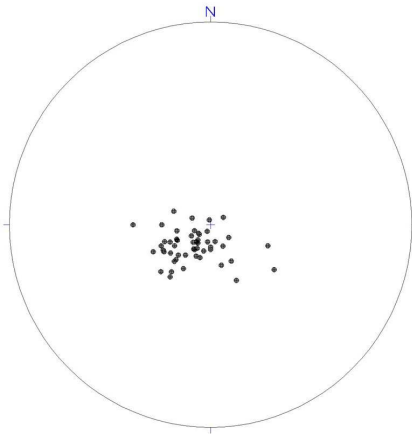


Figura 49. Diagrama pi, hemisferio inferior, de la estratificación en las rocas de la Formación Tomellín.

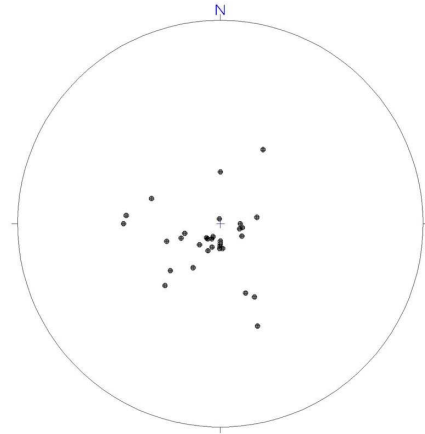


Figura 50. Diagrama pi, hemisferio inferior, de la estratificación en las rocas de la Formación Cuicatlán.

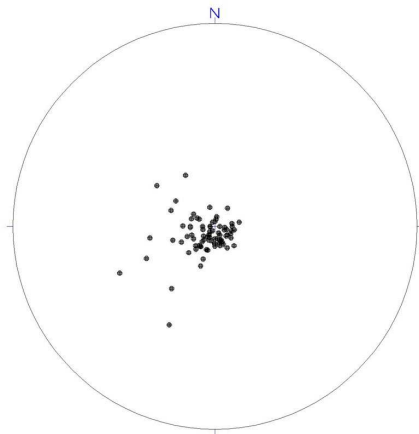


Figura 51. Diagrama pi, hemisferio inferior, de la estratificación en las rocas de la Filarenita Quiotepec.

Finalmente, la comparación con otras áreas, algunas con fósiles vertebrados pone en evidencia que las cuencas continentales no evolucionaron de manera simultánea durante el Cenozoico; ya que, la secuencia preservada en la angosta semi-fosa que forma La Cañada (generada por una gran falla, de ángulo del orden de 30° y con reactivaciones posteriores), es muy diferente a la que se considera una continuación en Puebla como una amplia fosa, la cual porta una secuencia terciaria temprana-media. O la próxima fosa al sur, en el Valle de Oaxaca, que tiene forma de Y, que tiene una secuencia del Mioceno Medio (Ferrusquía-Villafranca y García-Villegas, 2006). Ello significa que la evolución cenozoica de esta estructura mayor, es compleja y no está bien entendida aún.

VI. MODELOS DE EVOLUCIÓN TECTONOSEDIMENTARIA DE LA SECUENCIA CENOZOICA

Con la finalidad de discutir la interpretación a partir de las características tectonosedimentarias aportadas por las unidades litoestratigráficas cenozoicas y su probable correspondencia con alguno de los modelos de evolución propuestos para el Sureste Mexicano, de la misma forma como lo hizo Ferrusquía-Villafranca (1999) para las áreas de Laollaga-Lachivizá, Oax. y Nejapa de Madero, Oax. (2001). A continuación se resumen aquellos modelos más conocidos.

El Modelo Jerárquico de Ross y Scotese, 1988.

En esta región del Sureste Mexicano, para el Paleoceno, el modelo muestra (Ross y Scotese, op cit., Figura 10 y texto) los elementos tectónicos (ET en lo sucesivo) siguientes: El ET Guerrero, que representa al mayor de todos y constituye gran parte del Sureste propiamente dicho; el ET Estable de Yucatán, que se conecta al anterior por una zona terrestre ubicada aproximadamente en el tercio septentrional del actual Istmo de Tehuantepec, y su plataforma continental, sumergida, que ocuparía el resto del Istmo. Los bloques anteriores separados mediante el sistema de fallas sinistral Polochic-Motagua-Jocotán (PMJFZ de estos autores), de dirección E-W, del ET Bloque Chortis (constituyente de la actual Centroamérica Septentrional), que se encuentra situado al sur de ellos y el cual es subducido en su porción sur por la Placa Farallón, a lo largo de una línea con orientación NW-SE.

Luego de 39 millones de años, del Paleoceno hasta el Mioceno Temprano (op. cit., p.153-157 y Figuras 10-13), el arreglo tectónico se mantiene, el cambio principal está representado por el desplazamiento del Bloque Chortis hacia el oriente, así el extremo occidental de éste (Macizo de Chiapas según estos autores, op. cit., Figuras 2 y 14) se sitúa en el espacio correspondiente a la mitad del Istmo de Tehuantepec, mediante una falla trans-ístmica, de dirección NNE-SSW, hace cerca de 20.5 Ma, como consecuencia de la compresión hacia el noreste ejercida por la Trinchera Mesoamericana. Posteriormente, ca. 10.6 Ma (Mioceno Tardío), el Macizo queda geosuturado a los ET Guerrero y Estable de Yucatán, para conformar el arreglo del Sureste de México, como se encuentra al presente. El desplazamiento del Bloque Chortis continuó hasta ocupar su posición actual y también ha continuado la subducción de la placa oceánica.

Comentarios.- En este marco tectónico, el Área Tecomavaca-Cuicatlán forma parte del ET Guerrero, el cual se mantuvo prácticamente pasivo durante el Cenozoico y sufrió los efectos de la subducción de la placa oceánica, hace apenas unos 3,6 Ma, aún suponiendo una baja velocidad de la subducción (p. ej., 3 cm/año) y una distancia a la costa de 210 km entonces debe

considerarse que las estructuras resultantes sean de tipo compresivo principalmente. Además, este elemento debió estar arriba del nivel del mar, durante todo este tiempo, por lo cual debería mostrar los efectos de un régimen erosivo establecido desde el Paleoceno. Es claro que ninguna de estas inferencias corresponde con los rasgos observados, por estas razones se concluye que el Modelo Jerárquico no permite explicar satisfactoriamente la constitución y evolución geológica de esta área del Sureste Mexicano.

El Modelo de los Terrenos Tectonoestratigráficos de Sedlock *et al.*, 1993.

Según estos autores, para el Cretácico Tardío (hace 75 Ma. op. cit., Fig. 39 y texto relacionado), los terrenos Cuicateco, Zapoteco y Mixteco ya estaban geosuturados al terreno Náhuatl, por lo que formaban un terreno compuesto (innominado), que corresponde en gran parte al Sureste de México y que se comportó, en lo sucesivo, como una sola entidad. Este ET estaba en contacto con el Terreno Maya por la porción cuicateca y tenía una plataforma continental meridional en la zona que corresponde con la porción mixteco-zapoteca. También, estaba afectado por un arco magmático regional de rumbo NW-SE, que se extendía hacia el terreno Chortis, situado al sur; sólo una falla lateral derecha separaba a estos terrenos. El margen suroccidental del Chortis se encontraba en contacto con la subducente Placa (oceánica) Kula. Hacia el Eoceno Tardío (hace 40 Ma, op cit., Fig. 2), ocurrió el emplazamiento y geosuturación del terreno Chatino (otro de los que forman el Sureste Mexicano) en la porción mixteco-zapoteca del terreno compuesto; explicada por la somerización de la litosfera subducida (op. cit., p. 112).

La falla lateral derecha, ya mencionada, se mantuvo activa hasta ese entonces, con el desplazamiento relativo del terreno compuesto hacia el SE y del Chortis hacia el NW; la Placa Kula continuó en su proceso de subducción hasta desaparecer y ser reemplazada por la Placa Farallón, cuyo margen septentrional, a su vez, ha subducido a los terrenos mencionados desde el Eoceno Temprano (op. cit., Figuras 40-42). En el Eoceno Tardío se tuvo una inversión en la dirección del desplazamiento, lo que cambió la dirección de la falla de dextral a sinistral, y en consecuencia el terreno compuesto se desplazó hacia el NW y el Chortis hacia el ESE, hasta alcanzar una posición similar a la actual (Centroamérica Septentrional-México adyacente) en el Mioceno Tardío (hace 10 Ma) y geosuturándose entonces al terreno compuesto; con ello quedó configurada esta parte del territorio nacional, como se encuentra actualmente.

Comentarios.- Debe destacarse que Sedlock y colaboradores (op. cit.) no describen la evolución geológica y tectónica después del Mioceno Tardío y prácticamente, no explican esta evolución para la mayor parte del Cenozoico (desde hace 40 Ma al Reciente). Por lo cual no es posible aplicar objetivamente este modelo, ni las inferencias del mismo al caso del área que nos

ocupa. A pesar de lo anterior, puede decirse que, la dinámica del marco geológico considerado para el Sureste Mexicano durante el Eoceno Temprano (representado por un arco magmático de naturaleza no descrita, localizado en la parte sur del terreno compuesto -de tipo estable- cortado parcialmente y de manera oblicua por una falla lateral derecha que lo separa hacia el sur del terreno Chortis, el cual se desplazaba hacia el NW y en su margen meridional estaba subducido por la Placa Oceánica Kula), debió dejar un registro tangible en las unidades paleocénicas del Sureste Mexicano, en particular, de su zona geográfica marginal austral, tales como numerosos cuerpos volcánicos o plutónicos de edades más jóvenes sucesivamente hacia el noreste, así como estructuras relacionadas a compresión dispuestas en paralelo al margen austral de este terreno y evidencias de extensa erosión subaérea durante todo el Paleógeno; de manera alternativa, este registro debería incluir extensamente estructuras neogénicas de transtensión/transpresión.

Sin embargo, en el Área Tecomavaca-Cuicatlán, considerada como una pequeña parte del terreno compuesto, no existen elementos que correspondan con estas inferencias; tampoco corresponden a ellas los rasgos geológicos de diversas áreas del Sureste en los Estados de Oaxaca (Suchilquitongo y Matatlán, en los Valles Centrales; Tamazulapan, en la Mixteca; y Laollaga-Lachivizá, en el Istmo de Tehuantepec, -Barrera, 1946; Cárdenas-Vargas, 1964; Ferrusquía- Villafranca, 1976, 1990; Wilson y Clabaugh, 1970-) y de Chiapas (Área Ixtapa-Soyaló, Frost y Langenheim, 1974; Meneses-Rocha, 1985; Ferrusquía-Villafranca, 1996).

Considerando el caso particular del Área Tecomavaca-Cuicatlán, las objeciones que se plantearon para el Modelo Jerárquico, también se aplican a este modelo. Puede destacarse además, que la inversión del desplazamiento del Terreno Chortis, esencial para el planteamiento de este modelo, no es analizada ni discutida suficientemente por los que lo proponen (Sedlock *et al.*, 1993). Por todo lo anterior, se concluye que el Modelo de los Terrenos Tectonoestratigráficos tampoco permite explicar de manera satisfactoria la constitución y estructura geológica cenozoica del área estudiada en particular, ni de la región del Sureste Mexicano en general.

El Modelo de Truncamiento Continental Marginal, De Cserna, 1961; Schaaf *et al.*, 1995.

El primer autor, presentó por primera vez, un mapa que señala una falla mayor con orientación oeste-noroeste, de tipo lateral izquierda, ubicada sobre la traza de la Subducción Pacífica, la cual corta de manera oblicua a los cinturones precámbrico y mesozoico con orientación noroeste, en el sur de México, y los desplaza de los cuerpos rocosos correspondientes en Centroamérica. Los segundos autores, señalan que hacia el Eoceno Tardío (hace 40 Ma), la unión triple de las Placas Norteamericana, Cocos y el Bloque Chortis se ubicaba próxima a Zihuatanejo, Gro. (17°40' Lat. N y 101°30' Long. W). Después, el Bloque Chortis inició su desplazamiento hacia

el sur-sureste, y hacia el Oligoceno Tardío (hace cerca de 25 Ma), la unión triple se había trasladado al Istmo de Tehuantepec (16°00' Lat. N y 94°30' Long W), al recorrer una distancia aproximada de 650 km, a una velocidad promedio de 4,3 a 6,5 cm/año. Posteriormente, el Bloque Chortis continuó desplazándose hacia el Este unos 450 km durante el lapso 25 Ma a 0 Ma, hasta alcanzar su posición actual en Centroamérica Septentrional; la velocidad de desplazamiento debió ser mucho menor (1,5 a 1,8 cm/año). Finalmente, el corrimiento del Bloque Chortis expone a la subducción a segmentos del Margen Pacífico Mexicano dispuestos sucesivamente hacia el Este, lo cual impondría al magmatismo resultante, un componente vectorial oriental y otro septentrional.

Comentarios.- Tomando en cuenta que el magmatismo se desplazó de manera ordenada hacia el Norte y el Este de la unión triple formada, este proceso debió dejar un registro lítico y estructural tangible en el Sureste de México. Los propios autores (Schaaf *et al.*, 1995), reconocen que existen discrepancias importantes entre los rasgos esperados y los observados (p. ej., la disminución sistemática de la edad de las rocas ígneas de noroeste a sureste y este). Para explicar esta discrepancia, postulan que el magmatismo ocurrió antes y después del desplazamiento del Bloque Chortis, pero sin exponer los argumentos que sustenten estos hechos.

También con referencia al magmatismo regional, Martiny *et al.*, 2000, postulan que tanto las secuencias volcánicas que se presentan al norte de la Faja Plutónica Costera, como ésta misma, corresponden a un amplio arco magmático paralelo al Margen Pacífico de México, el cual se mantuvo activo durante el Oligoceno (35 a 25 Ma), y que la tasa de deformación transtensional fue menor en la segunda. Además, consideran que la fuente magmática para ambos componentes de este arco fue la misma, pero que la diferenciación magmática en cada uno de ellos, estuvo controlada por los rasgos característicos de diferentes dominios de deformación. Sin embargo, estos autores (Martiny *et al.*, op cit.) no argumentan cómo surge, se establece y evoluciona dicho arco.

El Modelo de Reconstrucciones Alternativas Cenozoicas de Keppie y Morán-Zenteno, 2005.

Los autores analizan los modelos más usuales, como el de Ross y Scotese (1988), y lo enfocan al movimiento entre las placas Norteamericana y Chortis. Sugieren que la colisión de las dorsales asísmicas con la Trinchera de Acapulco propició la migración del volcanismo de arco y deformación en el sur de México. En el Mioceno, la colisión de la Dorsal de Tehuantepec causó la disminución en el ángulo de subducción y rotación del arco volcánico a su presente localización en la Faja Volcánica Transmexicana; la ausencia de un arco magmático y el Cinturón de Pliegues del Mioceno Medio de Chiapas y la exhumación en el Golfo de Tehuantepec. Los cambios principales en la expansión y la reorganización de placas sucedieron en ~25 Ma (Oligoceno Tardío) y ~12,5

Ma (Mioceno Medio) en la Placa del Pacífico Este, así como dos saltos de la Placa de Cocos en ~19,5 Ma y ~14,7 Ma (Eoceno Temprano Tardío y Mioceno Medio, respectivamente).

Indican que la mayoría de los autores conectan las fallas transformadas Cayman con la zona de Falla Motagua y con la Trinchera de Acapulco, aunque aparentemente existen pocos datos que apoyen este hecho. Algunos de los argumentos en contra de esta conexión son: la falta de evidencias geológicas o geofísicas de una zona de falla E-W en la Planicie Costera del Pacífico sobre la traza de la zona de Falla Motagua; la Falla Polochic, que pertenece al sistema de la falla anterior; en México corta algunos plutones terciario-cuaternarios y al Batolito Pérmico de Chiapas, con poco o nulo desplazamiento; los mecanismos focales de eventos someros muestran cambio gradual de Este a Oeste, con movimiento transcurrente izquierdo a través de la Falla Motagua en Guatemala Centro-oriental a movimiento normal en el Oeste, en Guatemala y México; la migración hacia el Este, del punto triple Cocos-Norteamericana-Caribeña, dirige una elongación del arco magmático del Sur de México, pero el magmatismo del Cretácico Tardío del Norte de Chiapas implica la existencia de una trinchera al Sur del Golfo de Tehuantepec y Oeste de Guatemala, incompatible con la ubicación del Bloque Chortis adyacente al Sur de México. No existe correspondencia litológica de unidades, como el Complejo Xolapa del Sur de México, en el Bloque Chortis, ni tampoco se han reconocido en éste último, límites geométricos que puedan asociarse con aquellos de las unidades tectonoestratigráficas del Sur de México. En general, el régimen de esfuerzos del Sur de México es complejo.

La solución alternativa que proponen para integrar lo anterior, es un modelo en el cual el límite transformante entre las placas Norteamericana y Caribeña, ubicada en el Canal Cayman, se extiende hacia el suroeste-oeste, bajo la Cadena Volcánica Pacífica de Guatemala. Aunque las rocas volcánicas oscurecen este límite, anomalías positivas de Bouguer delinean esta traza a través de Guatemala, la cual se une al límite Oeste de la Falla transformada Cayman. Las huellas de la trinchera y el arco, probablemente fueron eliminadas de manera progresiva en la falla transformada y la litósfera al Oeste de la falla transformada pudo subducirse, lo que dejó muy poco registro de los ~1100 km calculados como desplazamiento total, probablemente porque el Bloque Chortis bordeó el margen meridional de México.

Comentarios.- Este modelo se apoya en el análisis crítico de una cantidad considerable de datos y aporta argumentos para explicar un campo de esfuerzos diferente a la compresión en dirección perpendicular a la subducción y para la aparente escasez del registro de la deformación. También señala que entre Puerto Vallarta y el Golfo de Tehuantepec el registro durante el Cenozoico, comprende: movimiento izquierdo en fallas NW con deformación producida en un campo de compresión en dirección NNE y tensión en dirección WNW, durante el Eoceno Tardío;

movimiento derecho en fallas NW con deformación producida en un campo de compresión en dirección WNW y tensión en dirección ENE, durante el Oligoceno Temprano; movimiento izquierdo en fallas orientadas al E, durante el Oligoceno Tardío; fallamiento normal que produjo fosas tectónicas E-W, durante el Mioceno Temprano a Medio; y mecanismos focales de eventos someros que sólo muestran cinemática de fallas normales e inversas. Sin embargo, este registro no corresponde en gran parte con lo observado en el Área Tecomavaca-Cuicatlán y aún con la incorporación de estos datos, una integración al modelo puede ser bastante compleja.

REFLEXIÓN FINAL

La revisión de la literatura muestra la existencia de numerosos modelos propuestos para explicar la evolución geológica y tectónica del Sureste Mexicano, salta a la vista que éstos representan una gran cantidad de recursos invertidos en la resolución del problema de interpretar la realidad, sin embargo, también es evidente la enorme discrepancia que existe entre ellos. Si analizamos la metodología seguida para construirlos, generalmente no encontraremos errores que propicien invalidar sus resultados, pero al buscar sus puntos de compatibilidad probablemente encontremos que el punto crítico de falla puede ser que los supuestos o postulados en que se fundamentan no estén completos.

De esta manera, debemos considerar, que la base factual y cognoscitiva disponible, es suficiente para generar una hipótesis que refleje con fidelidad la constitución geológica y la evolución de esta compleja región; de otra forma y sin que ésta sea una idea nueva [ver por ejemplo, De Cserna (In González-Torres, 2005, p. 131), quien siempre ha destacado la importancia del mapeo geológico], si se considera que la base factual es insuficiente, se podrá canalizar el esfuerzo a ampliarla, en lugar de hacerlo a construir hipótesis adicionales o a modificar las ya existentes.

En apego a lo anterior, este estudio es una contribución a la muy necesaria ampliación del conocimiento geológico del Sureste Mexicano. Por ello, se evitó especular acerca del significado geológico regional de los rasgos observados, hacia la modificación o propuesta de un nuevo modelo de evolución tectónica y de la misma forma, las inferencias efectuadas se mantuvieron al mínimo y se fundamentaron tan ampliamente como fue posible.

VII. SUMARIO Y CONCLUSIONES

El rasgo estructural más importante del área de estudio es la semi-fosa que produjo el sistema de fallas que separan al Complejo Metamórfico del relleno cenozoico, ya que tiene un salto de por lo menos 1500 m, estimado a partir de la actitud de la Secuencia Calcárea Cretácica. Otro rasgo importante es el escalonamiento en bloques a ambos lados de la depresión.

Las fracturas y fallas en las rocas precenozoicas y cenozoicas, aproximadamente, tienen las mismas tendencias principales de orientación: NW, NE, N-S y E-W, las dos primeras son las más numerosas, ambas son de ángulo alto, de tipo normal con una componente de desplazamiento lateral, predominantemente derecho. La N-S es la que muestra mayor longitud y comprende a la actual Falla de Oaxaca, es de tipo normal, con inclinación del orden de 30° a 60°, también, en las rocas precenozoicas, hay algunos planos de bajo ángulo inclinados al W y SE que corresponden a fallas inversas. La E-W es la menos numerosa tiene desplazamiento normal.

La secuencia cenozoica quedó preservada, ligeramente basculada hacia el oriente, en una semi-fosa angosta que forma La Cañada, la cual fue generada por actividad en una gran falla anterior, de ángulo moderado. El desplazamiento cenozoico en la falla, inició antes del Mioceno Temprano (probablemente en un lapso avanzado del Paleógeno) y continuó, de manera esporádica, hasta finales del Mioceno.

Se caracterizaron 5 unidades cenozoicas aplicando lo dispuesto por el Código de Nomenclatura Estratigráfica. La más antigua de éstas (Conglomerado Río Seco), de amplia distribución en la porción occidental del área, representa un ambiente de depósito aluvial de alta energía, después de un probable fallamiento de tipo normal de las rocas cretácicas, evento que posiblemente ocurrió en un lapso avanzado del Paleógeno o incluso durante el Oligoceno.

La siguiente unidad (Formación Tomellín), representa el relleno más antiguo de la depresión, se asocia con la actividad más importante de fallamiento de tipo distensivo, que formó La Cañada con dirección NW-SE, indica también la presencia de actividad volcánica con distancia considerable, así como depósito en ambiente de lago y condiciones favorables para la vida de fauna mamífera, durante el Mioceno Temprano a Medio.

Después, probablemente asociado a una reactivación en la deformación frágil, se produjeron depósitos de tipo aluvial (Formación Cuicatlán), asociada con la presencia del precursor Río Grande con drenaje hacia el oriente. La cuarta unidad (Filarenita Quiotepec), coexiste

parcialmente con la unidad anterior, representa condiciones de depósito de planicie de inundación, de lago y aridez en la porción septentrional de la región, en una cuenca cerrada con drenaje preferente hacia el norte, lo que probablemente sucedió durante el Mioceno Medio a Tardío.

Luego del depósito de estas unidades se reactivan las fallas, la evidencia la representa el contacto tectónico entre los cuerpos rocosos metamórficos del oriente o los carbonatados cretácicos del occidente con el relleno cenozoico. Esta actividad probablemente facilitó la aceleración del proceso erosivo y resultó en la captura del Río Salado (que drenaba al NW), por el Río Grande (que escurre al NW y continúa a NE), y su desagüe conjunto, hacia el noreste, a través de una estructura que cruza perpendicularmente las sierras del oriente. Puede estimarse que el evento tectónico sucedió hacia finales del Mioceno.

La última unidad terciaria indica condiciones de depósitos aluviales muy semejantes a las actuales, en un nivel base de erosión más alto.

Con relación a la fauna cenozoica, se identificaron tres localidades con vertebrados fósiles, que constituyen la fauna local Cuicatlán, el material se encuentra en estratos delgados de limolitas y piroclastos de la Formación Tomellín, que sugieren un ambiente de depósito de baja energía.

La fauna de vertebrados Cuicatlán está constituida por taxa afines a los que se conocen en las faunas locales miocénicas medias del Estado de Oaxaca, por lo cual se considera que esta debe ser su edad. La presencia de esta fauna extiende hacia el norte el conjunto de localidades terciarias de Mesoamérica. Las localidades de Cuicatlán se encuentran unos 150 km al norte de las del área Suchilquitongo (ubicada en el extremo norte del Valle de Oaxaca) e implican la existencia de cuencas continentales cerradas con condiciones ambientales similares y relativamente próximas en tiempo.

La semi-fosa continúa en Puebla como una fosa amplia, que tiene una secuencia terciaria temprana-media y al sur, sin continuidad, corresponde con la fosa del Valle de Oaxaca, en forma de "Y", que contiene una secuencia del Mioceno Medio (Ferrusquía-Villafranca, 2006). La comparación con otras áreas del Sureste de México con fósiles vertebrados, permite poner en evidencia la presencia de cuencas continentales que existieron en diferentes lapsos durante el cenozoico. Ello significa, que la evolución cenozoica de esta estructura mayor, es compleja y no bien entendida aún.

VIII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alaniz-Álvarez, S. A., Nieto-Samaniego, A. F., Ortega-Gutiérrez, F.,** 1994. *Structural evolution of the Sierra de Juárez mylonitic complex, State of Oaxaca, Mexico*: UNAM, Inst. Geol., Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 11, p. 147-156.
- Alaniz-Álvarez, S. A., van der Heyden, P., Nieto-Samaniego, A. F. y Ortega-Gutiérrez, F.,** 1996, *Radiometric and kinematic evidence for Middle Jurassic strike-slip faulting in southern Mexico related to the opening of the Gulf of Mexico*: *Geology* 24, p. 443-446.
- Alencaster, G., González-Alvarado, I., Salomón-Rangel, R.,** 1984, *Biostratigrafía y paleontología de Coixtlahuaca- Tomellin, Oaxaca*: III Congreso Latinoamericano de Paleontología, Memorias, p. 315-340
- Alfaro-Castillo, A.J. y Yokoi, T.,** 2005. Determinación de la estructura de velocidades de ondas de corte mediante arreglos de microtemblores de largo periodo: XII Jornadas geotécnicas de la ingeniería colombiana y VI Foro sobre la geotécnica de la Sabana de Bogotá, 14 p.
- Álvarez, R. y Del Río, 1975.** *Transcontinental faulting: evidence for superimposed subduction in Mexico*: *EOS*, v.56, No,12, Abstr., p.1066.
- AMERICAN COMMISSION ON STRATIGRAPHIC NOMENCLATURE,** 1970. *Code of Stratigraphic Nomenclature*: *Amer. Assoc. Petrol. Geol.*, 22 p.
- AMERICAN GEOLOGICAL INSTITUTE,** 2005. *Glossary of geology*: Klaus K.E. Neuendorf, James P. Mehl and Julia A. Jackson Eds., 5th ed., Alexandria, Virginia, 779 p.
- Ángeles-Moreno, E.,** 2006. Petrografía, geología estructural y geocronología del borde noroccidental del Terreno Cuicateco, Sierra Mazateca, Estado de Oaxaca, México: Universidad Nacional Autónoma de México, Posgrado en Ciencias de la Tierra, Instituto de Geología, México, D.F., Tesis de Maestría (Inédita), 194 p. y apéndices.
- Ashley et al.,** 1933. *Classification and nomenclature of rocks units*: *Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, v. 17, No. 7, p. 843-868.
- Barboza-Gudiño, I. R., Schwab, K.** 1996 (1994), Contribución a la geología de la Sierra de Juárez en el sur de México: *Zbl. Geol. Paläont. Teil I, H. 7/8, Stuttgart*, p. 991-1005.
- Barrera, T.,** 1931, El Temblor del 14 de enero de 1931: Universidad Nacional Autónoma de México, Inst. Geol., Memorias, 40 p.
- , 1946, Guía geológica de Oaxaca: Universidad Nacional Autónoma de México, Inst. Geol., Memorias, 101 p., plano 1.
- Best, M.G.,** 1995. *Classification of Rocks and Their Abundances on the Earth*: *American Geophysical Union, Reference Shelf* 3, 7 p.
- Blatt, H.,** 1992. *Sedimentary Petrology*: *W.H. Freeman, Second Edition, New York*, 514 p.
- Böse, E.,** 1899. Geología de los alrededores de Orizaba con un perfil de la vertiente de la Mesa Central de México: Instituto Geológico, México, Bol. 13, 52 p.

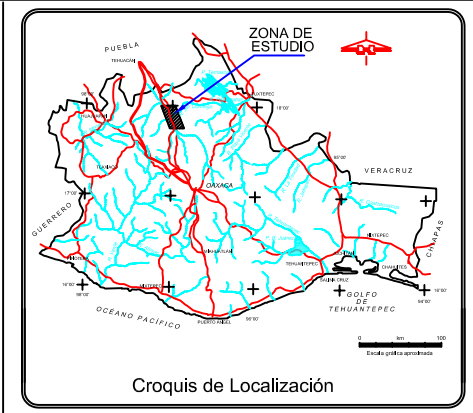
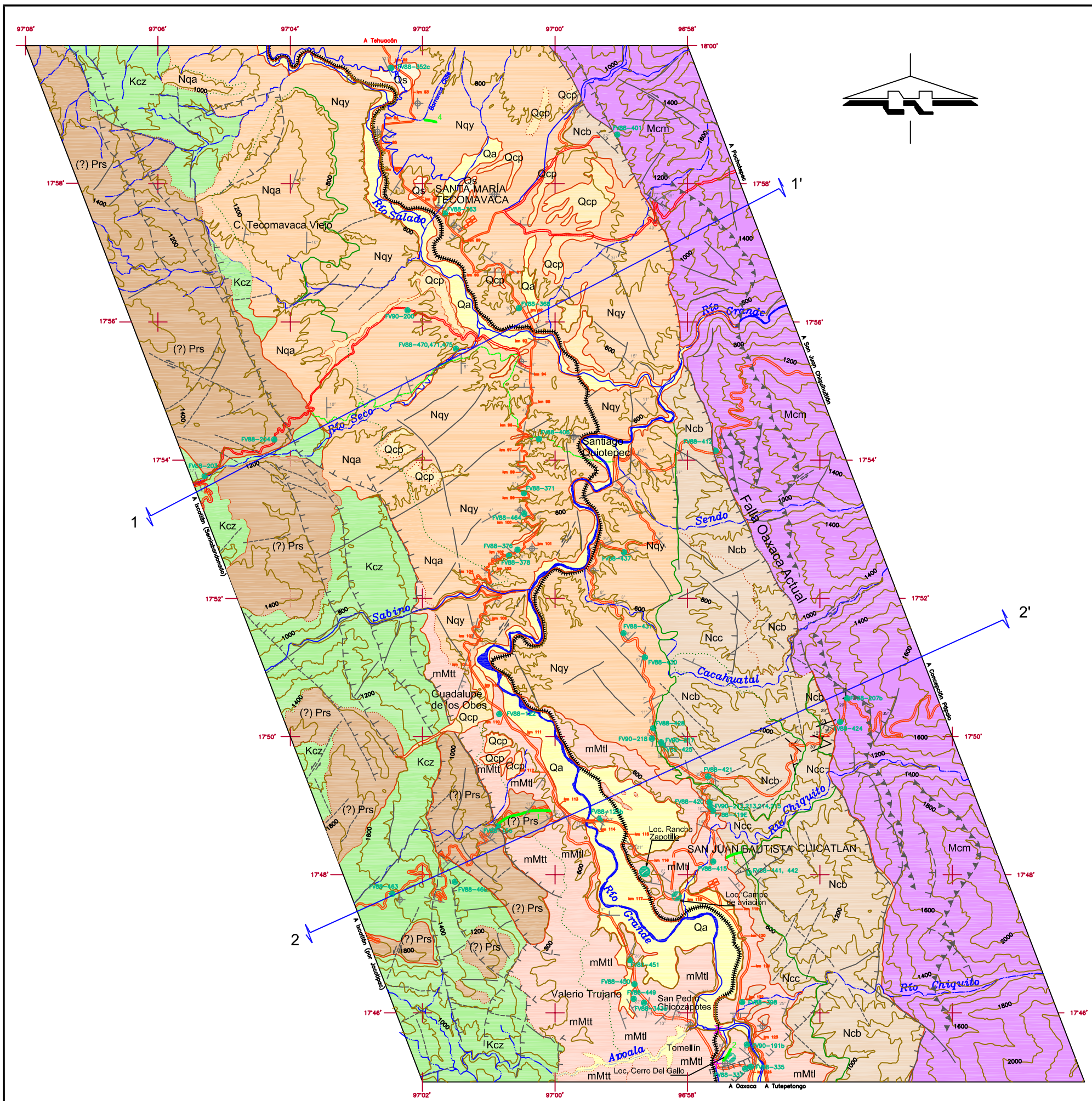
- Brunet, J.**, 1967. *Geologic studies, in Byers, D.S., edit., The Prehistory of the Tehuacan Valley; Volume One, Environment and Subsistence: Austin, Tex., University of Texas Press y R.S. Peabody Foundation, Andover, Mass., Chapt. 5, p. 66-90.*
- Buitrón-Sánchez, B.E. y Barceló-Duarte, J.**, 1980. Nerineidos (Mollusca-Gastropoda) del Cretácico Inferior de la Región de San Juan Raya, Puebla: UNAM, Instituto de Geología, Revista, v. 4, p. 46-55.
- Calderón-García, A.**, 1956, Bosquejo geológico de la región de San Juan Raya, Puebla: México, XX Congreso Geológico Internacional, no.20, Excursión A-11 , p. 9-33.
- Cárdenas-Vargas, J.**, 1964. Contribución al conocimiento de la Mixteca Oaxaqueña: Minería y Metalurgia (México), núm. 38, p. 15-107.
- Carfatan, I. Ch.**, 1981, Evolución estructural del suroeste de México; paleogeografía e historia tectónica de las zonas internas mesozoicas: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista, v. 5, no.2, p. 207-216.
- Cas, R.A.F. y Wright, J.V.**, 1988. *Volcanic successions, modern and ancient: London, Unwin Hyman, 528 p.*
- Centeno-García, E.**, 1989, Evolución estructural de la falla Oaxaca durante el Cenozoico: Universidad Nacional Autónoma de México, Fac. de Ciencias, México, D. F ., Tesis de Maestría, 156 p. (Inédita), anexo fotográfico y 2 mapas esc. 1:1 000 000.
- Charleston, S.**, 1980. *Stratigraphy and tectonics of the Río Santo Domingo Area, State of Oaxaca, Mexico, 26th International Geol. , Congre., París, Resúmenes 26, p. 324.*
- COMISION AMERICANA DE NOMENCLATURA ESTRATIGRÁFICA**, 1961. Código de Nomenclatura Estratigráfica: Inst. Geol., UNAM, Soc. Geol. Mexicana y Asoc. Mex. Geol. Petrol., 28 p.
- COMISIÓN FEDERAL DE ELECTRICIDAD**, 1987. Evaluación del Proyecto Hidroeléctrico Santo Domingo: CFE, Superintendencia de Estudios Zona Golfo, Veracruz, Ver., Informe (inédito).
- COMITÉ DE LA CARTA GEOLÓGICA DE MÉXICO**, 1976. Carta Geológica de la República Mexicana, Esc. 1:2'000 000 con texto descriptivo general.
- , 1992. Carta Geológica de la República Mexicana, Esc. 1:2'000 000 con texto descriptivo general.
- Cook, E.F.**, 1961. *Geologic atlas of Utah, Washington County: Utah Geol. and Miner. Surv., Bull. 70, 124 p.*
- Dávalos-Álvarez, O.G.**, 2006. Evolución tectónica cenozoica en la porción norte de la Falla de Oaxaca: Universidad Nacional Autónoma de México, Posgrado en Ciencias de la Tierra, Centro de Geociencias, Juriquilla, Qro., Tesis de Maestría (Inédita), 123 p.
- Dávalos-Álvarez, O.G., Nieto-Samaniego, A.F., Alaniz-Álvarez, S.A., Martínez-Hernández, E. y Ramírez-Arriaga, E.**, 2007. Estratigrafía cenozoica de la región de Tehuacán y su relación con el sector norte de la falla de Oaxaca: UNAM, Inst. Geol.-SGM, Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 24, no. 2, p. 197-215.
- De Cserna, Zoltan**, 1961, *Tectonic map of Mexico: Geological Society America, New York, scale 1:2 500 000.*

- Delgado-Argote, L.A.**, 1988. Geología preliminar de la Secuencia volcanosedimentaria y serpentinitas asociadas del Jurásico (?) del área de Cuicatlán-Concepción Pápalo, Oaxaca: UNAM, Inst. Geol., Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 7, p. 127-135.
- , 1989. *Regional implications of the Jurassic-Cretaceous volcanosedimentary Cuicateco terrane, Oaxaca, Mexico*: Geofísica Internacional, v. 28, núm. 5, p. 939-973.
- Demant, A.**, 1978. Características del Eje Neovolcánico Transmexicano y sus problemas de interpretación: UNAM, Inst. Geol., Rev., v.2, no.2, p. 172-187.
- Erben, H. K.**, 1956, El Jurásico Medio y el Calloviano de México: XX Congreso Geológico Internacional, México, 139 p.
- Espinosa-López, L.**, 1972. Estudio geológico del Área Cañón de Tomellín: PEMEX, Informe no. 567 (inédito).
- Ferrusquía-Villafranca, I.**, 1976. Estudios geológico-paleontológicos en la región mixteca, Pt. 1: Geología del área Tamazulapan-Teposcolula-Yanhuitlán, Mixteca Alta, Estado de Oaxaca, México: UNAM, Instituto de Geología, Bol. 97, 160 p. y 12 láms.
- , 1990. Informe Técnico Final del Proyecto CONACYT 50992 "Contribución a la diferenciación estratigráfica del Terciario Continental de México –Estudios geológico-paleontológico-geocronométrico-magnetoestratigráficos en los Estados de Aguascalientes, Guanajuato, Oaxaca y Chiapas; Parte I, Introducción General: UNAM, Instituto de Geología y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, v+1-17 p. (Inédito).
- , 1992. Contribución al conocimiento del Cenozoico en el Sureste de México y de su relevancia en el entendimiento de la evolución tectónica regional: 7° Congreso Latinoamericano de Geología, Salamanca, España, Actas Ses. Cient., Simposios, Tomo 4, p.40-44.
- , 1996. Contribución al conocimiento de la geología cenozoica del Área Ixtapa-Soyaló, Chiapas: UNAM, Instituto Geología, Boletín 109, 130 p., 2 tabs., 9 figs. y 22 láms.
- , 1999. Contribución al conocimiento geológico del Estado de Oaxaca -El Área Laollaga-Lachivizá: UNAM, Instituto Geología, Boletín 110, 111 p., 2 tabs., 10 figs. y 24 láms.
- , 2001. Contribución al conocimiento geológico del Estado de Oaxaca, México -El Área Nejapa de Madero: UNAM, Instituto Geología, Boletín 111, 100 p. y 3 planos a esc. 1:125000.
- Ferrusquía-Villafranca, I.; McDowell, F.W.; I., Martínez-Hernández, E.; Barrios-Rivera, H. y García-Villegas, F.**, 1988. *Time constraints on formation of continental Tertiary basins in the Oaxaca State: Geological Society of America Abstracts with Programs, Centennial Celebration Meeting, v.20, p.A59.*
- Ferrusquía-Villafranca, I. y García-Villegas, F.**, 2006. *Lithostratigraphy, structure and regional tectonic significance of the Cenozoic basin fill of the Oaxaca fault zone at La Cañada (Tecomavaca-Cuicatlán Area), Northern Oaxaca, Southeastern Mexico: Geological Society of America Abstracts with Programs, Philadelphia Annual Meeting, v.38, no.7, p.387.*
- Folk, R.L.**, 1968. *Petrology of sedimentary rocks: Austin, Tex., Hemphill's, 170 p.*
- Frost, S.H. y Langenheim, R.L., Jr.**, 1974. *Cenozoic reef biofacies, Tertiary larger foraminifera and scleractinian corals from Chiapas, Mexico: Dekalb, Illinois University Press, 388 p.*

- Goddard, E.N., Frask, P.D., De Ford, R.K., Roye, O.N., Singewald, J.T. Jr. y Overbeck, R.M.,** 1963. *Rock color chart: Geological Society of America*.
- González-Alvarado, J.,** 1970. Prospecto Chilapa-Tlaxiaco, Estado de Oaxaca: PEMEX, Informe No. 548 (Inédito), Zona Sur, Coatzacoalcos, Ver., 72 p.
- González-Torres, E.,** 2005. Bosquejo sobre la evolución de la Geología en México (1904-2004): Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana, Tomo LVII, núm. 2, p. 123-136.
- INEGI,** 1986. Carta Geológica Oaxaca, E 14-9, escala 1:250 000: Secretaría de Programación y Presupuesto, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México, D. F.
- , 1987, Carta Climática México, escala 1: 500 000: Secretaría de Programación y Presupuesto, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México, D. F.
- , 1987, Carta de Uso de Suelo y Vegetación México, escala 1: 500 000: Secretaría de Programación y Presupuesto, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México, D.F.
- , 2001, Carta Topográfica Santa María Tecomavaca E14D16, escala 1: 50 000, Secretaría de Programación y Presupuesto, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México, D.F.
- , 2001, Carta Topográfica Cuicatlán E14D17, escala 1: 50 000: Secretaría de Programación y Presupuesto, Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática, México, D. F.
- Keppie, J.D. y Morán-Zenteno, D.,** 2005. *Tectonic Implications of Alternative Cenozoic Reconstructions for Southern Mexico and the Chortis Block: Internacional Geology Review, Vol. 47, p. 473-491.*
- López-Ramos, E.,** 1974. Carta Geológica del Estado de Oaxaca, esc. 1:500 000: UNAM, Inst. Geol., Serie Cartas Estatales, Ed. limitada impresa en heliográfica.
- Martiny, B.; Martínez-Serrano, R.G.; Morán-Zenteno, D.J.; Macías-Romo, C. y Ayuso, R.A.,** 2000. *Stratigraphy, geochemistry and tectonic significance of the Oligocene magmatic rocks of western Oaxaca, Southern Mexico: Tectonophysics, v. 318, p. 71-98.*
- Meneses-Rocha, J.J.,** 1985. *Tectonic evolution of the strike-slip fault province of Chiapas, Mexico: Austin, University of Texas –Austin, M. Sc. Thesis, 315 p. (unpublish).*
- Morán-Zenteno, D.J.; Tolson, G.; Martínez-Serrano, R.G.; Martiny, B.; Schaaf, P.; Silva-Romo, G.; Macías-Romo, C.; Alba-Aldave, L.; Hernández-Bernal, M.S. y Solís-Pichardo, G.N.,** 1999. *Tertiary arc-magmatism of the Sierra Madre del Sur, Mexico, and its transition to the volcanic activity of the Trans-Mexican Volcanic Belt: Journal of South American Herat Sciences 12, p.513-535.*
- Múgica, R.,** 1978. Estudio radiométrico de las rocas metamórficas del Área de Teotitlán del Camino-Cuicatlán, Oaxaca: IMP, Subdirección de Tecnología de Exploración, Proyecto C-1069 (inédito), 65 p., láms. y 2 planos esc. 1:50 000.
- Nieto-Samaniego, A. F., Alaniz-Álvarez, S. A., Ortega-Gutiérrez, F.,** 1995. Estructura interna de la Falla de Oaxaca (México) e influencia de las anisotropías litológicas durante su actividad cenozoica: Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, v. 12, p. 1-8.

- Nieto-Samaniego, A. F., Alaniz-Álvarez, S. A., Silva-Romo, G., Eguiza-Castro, M.H. y Mendoza-Rosales, C.C.**, 2006. *Latest Cretaceous to Miocene deformation events in the eastern Sierra Madre del Sur, Mexico, inferred from the geometry and geometry of major structures: GSA Bulletin*, v.118, no.1/2, p.1868-1882.
- NORTH AMERICAN COMMISSION ON STRATIGRAPHIC NOMENCLATURE**, 1983. *North American Stratigraphic Code: Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, v.67, no.5, p. 841-875, 11 figs., 2 tabs.
- , 2005. *North American Stratigraphic Code: Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, v.89, no.11, p. 1547-1591.
- Ordóñez, E.**, 1906. *L' Archaïque du Cañon de Tomellin: Congreso Geológico Internacional*, 10, México, Libro-guía de la Excursión 5, 30 p.
- Ortega-Gutiérrez, F.**, 1981, *Metamorphic belts of southern Mexico and their tectonic significance: Geof. Internal.*, v. 20, no.3, p. 177-202.
- , 1982. La Falla de Oaxaca, una discontinuidad tectónica fundamental del sur de México: Unión Geofísica Mexicana, Reunión Anual 1982, Resúmenes, p. A1.
- Raisz, E.**, 1961, *Landforms of Mexico: Cambridge, Mass.*, mapa a escala 1:3 000 000 y texto.
- Ross, M.I. y Scotese, C.R.**, 1988. *A hierarchical tectonic model of the Gulf of Mexico and Caribbean Region: Tectonophysics*, v. 155, p. 139-168.
- Ross, C.S. y Smith, R.L.**, 1961. *Ash-flow tuffs -Their origin, geologic relations and identifications: United States Geological Survey Professional Paper 366*, 81 p.
- Salas, G.P.**, 1949. Bosquejo geológico de la cuenca sedimentaria de Oaxaca: *Asoc. Mexicana Geol. Petrol. Bol.*, v. 1, p. 59-156.
- Sánchez-Martín, S.**, 1985. Prospecto Cuicatlán: PEMEX, Zona Sur, Informe geológico No. 949 (inédito), 88 p. y apend. paleontológico.
- Savage, D.E. y Russell, D.E.**, 1983. *Mammalian paleofaunas of the world: London, Addison-Wesley Publ. Co.*, xvii + 432 p.
- Schaaf, P.; Morán-Zenteno, D.J.; Hernández-Bernal, M.S.; Solís-Pichardo, G.N.; Tolson, G. y Köhler, H.**, 1995. *Paleogene continental margin truncation in Southwestern Mexico-Geochronological evidence: Tectonics*, v. 14, p. 1339-1350.
- Schlaepfer, E. C.**, 1970, Geología terciaria del área de Yanhuitlán-Nochixtlán, Oaxaca: en Segura, L. R., y Rodríguez-Torres, R., (Ed.), Libro guía de la excursión México-Oaxaca, México, D. F., Sociedad Geológica Mexicana, p. 85-96.
- Schumm, S.A.**, 1981. *Evolution and response of the fluvial systems: sedimentologic implications: Soc. of Economic Paleontologists and Mineralogists, Spec. Publ. 31*, p. 19-29.
- Sedlock, R.L.; Ortega-Gutiérrez, F. y Speed, R.C.**, 1993. *Tectonostratigraphic terranes and tectonic evolution of Mexico: Geol. Soc. America Spec. Paper 278*, 153 p.
- Servicio Geológico Mexicano**, 2000. Carta Geológico-Minera Oaxaca E14-9: Esc: 1:250 000, Secretaría de Economía, SGM, Pachuca, Hgo.

- Smith, R.L.**, 1960. *Ash flows: Geological Society of America Bulletin*, v. 71, p. 795-842.
- Tedford, R.H., Skinner, M.F., Fields, R.W., Rensberger, J.M., Whistler, D.P., Galusha, T., Taylor, B.E., McDonald, J.R. Y Webb, S.D.**, 1988. *Faunal succession and Biochronology of the Arikareean through Hemphillian interval (Late Oligocene through earliest pliocene epochs) in North America: In M.O. Woodburne (ed.), Cenozoic Mammals of North America: Geochronology and Biostratigraphy: Berkeley, The Univ. California Press., p. 153-210.*
- Turner, P.**, 1980. *Continental Red Beds: La Hague, Elsevier Scientific Publishing Co., USA, 562 p.*
- UNAM-INEGI**, 1994. Carta Tectónica, Esc. 1:2'000 000 con texto descriptivo general.
- Viniegra, O.F.**, 1965. Geología del Macizo de Teziutlán y la cuenca Cenozoica de Veracruz. Bol. Asoc. Mex. Geólogos Petroleros. 17, No 7-12, 100-135.
- Wilson, J. A., y Clabaugh, S. E.**, 1970, *A new Miocene formation and a description of volcanic rocks, northern valley of Oaxaca: In Segura, L. R., y Rodríguez-Torres, R., (Eds.), Libroto Guía de la Excursión México-Oaxaca, México, D. F., Sociedad Geológica Mexicana, p. 120-128.*

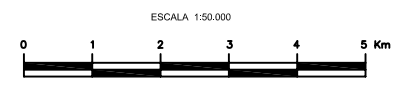


Columna litoestratigráfica

ERA	PERIODO	EPOCA	SIMBOLOGIA	UNIDAD LITOLÓGICA
CENOZOICO	TERCIARIO	POST-MIOCENO	Qa, Qcp	Qs, Suelo; Qa, aluvión; Qcp, Conglomerado Polimítico
			Nqa, Nqy, Ncb, Ncc	Nq, Filarita Quilotepec; Nqy, Miembro Yesifero Lacustre; Nqa, Miembro Arenoso-lutítico
			mMt	Nc, Formación Cuicatlan; Ncb, Miembro Conglomerático; Ncb, Miembro Brechoso
			mMt	mMt, Formación Tomellin; mMt, Miembro Tobáco; mMt, Miembro Limoso Fosilífero
			(?) Prs	(?) Prs, Conglomerado Río Seco
			Kcz	Kcz, Secuencia Calcrea Cretácica
Meso- CENOZOICO	CRETÁCICO	CRETÁCICO	Mcm	Mcm, Complejo Metamórfico (Dominan el esquistos cuarzo-feldespático y la roca verde)

Símbolos

- Geológicos**
- Contacto geológico discordante
 - Contacto geológico concordante
 - Contacto geológico inferido
 - Echado Horizontal
 - Foliación
 - Fractura o diaclasa inclinada
 - Fractura o diaclasa vertical
 - Falla normal
 - Falla normal inferida
 - Falla inversa
 - Falla inversa inferida
 - Falla lateral
 - Falla lateral inferida
 - Lineamiento
 - Muestra con estudio petrográfico
 - Localidad F&E
 - Sección medida
- Topográficos**
- Curva maestra
 - Río
 - Carretera federal
 - Camino revestido
 - Terracería
 - Brecha
 - Puente

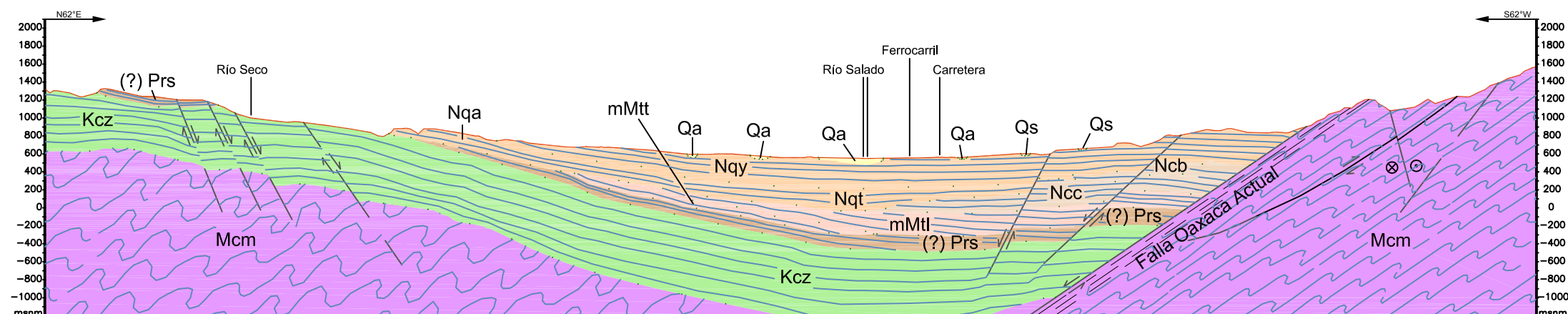


UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
 PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA
 INSTITUTO DE GEOLOGÍA

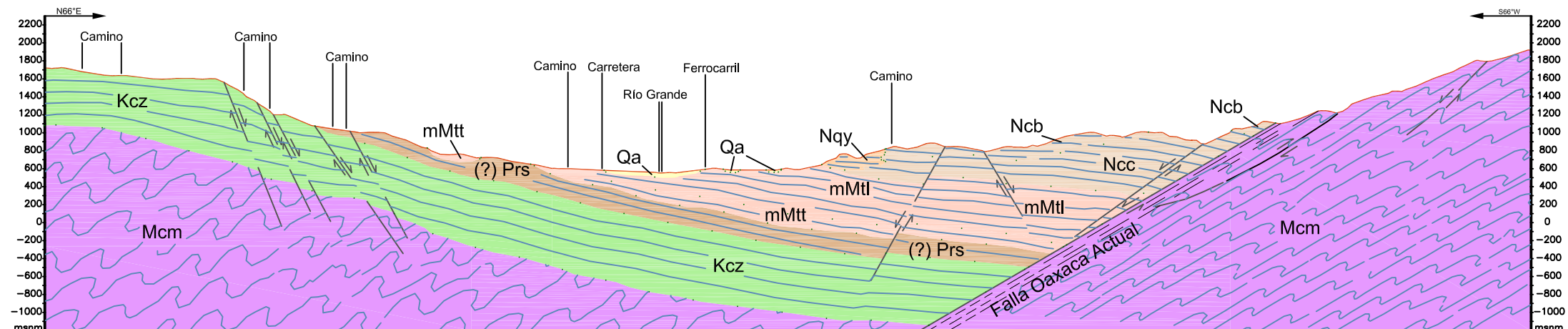
GEOLOGÍA DEL ÁREA TECOMAVACA - CUICATLÁN, ESTADO DE OAXACA

REVISÓ: Ismael Ferrusquía Villafranca FORMÓ: Felipe García Villegas
 PLANO: 1 ESC: 1:50,000 FECHA: DIC/2007

Sección 1-1'



Sección 2-2'



Columna litoestratigráfica

ERA	PERIODO	ÉPOCA	SIMBOLOGÍA	UNIDAD LITOLÓGICA	
					CUATERNARIO
CENOZOICO	Terciario	POST-MIOCENO MEDIO	Qs, Qa, Qcp	Qs, Suelo; Qa, aluvión; Qcp, Conglomerado Polimictico	
			Nqt, Nqy, Ncb, Ncc	Nq, Filarenita Quiotepec Nqy, Miembro yesífero lacustre Nqt, Miembro tobáceo	
			mMtl, mMt	mMt, Formación Tomellín mMt, Miembros tobáceos mMtl, Miembro limoso fosilífero	
			(?) Prs	(?) Prs, Conglomerado Río Seco	
	MESOZOICO TEMPRANO	CRETÁCICO	PRE-MIOCENO	Kcz	Kcz, Secuencia Calcárea Cretácica
				Mcm	Mcm, Complejo Metamórfico (Dominan el esquistos cuarzo-feldespático y la roca verde)

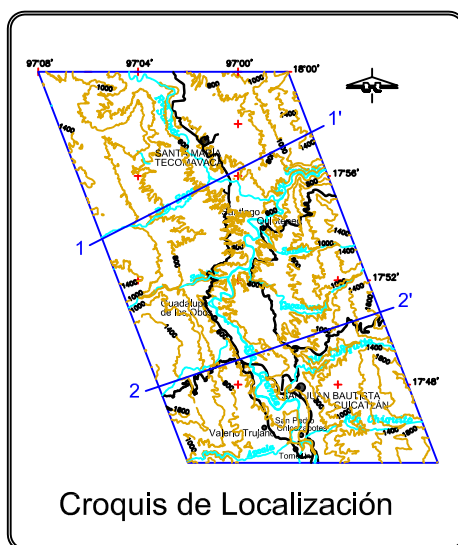
ESCALA 1:50.000




Símbolos

Geológicos

- Contacto geológico inferido en subsuelo _____
- Falla, las fechas indican el movimiento relativo _____
- Falla inferida _____
- Movimiento relativo de bloque hacia el frente _____
- Movimiento relativo de bloque hacia atrás _____
- Zona milonitizada _____
- Foliación _____
- Estratificación _____





UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
DIRECCIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO
PROGRAMA DE POSGRADO EN CIENCIAS DE LA TIERRA
INSTITUTO DE GEOLOGÍA

SECCIONES GEOLÓGICAS ÁREA TECOMAVACA-CUICATLÁN, ESTADO DE OAXACA

REVISÓ: Ismael Ferrusquía Villafranca	FORMÓ: Felipe García Villegas
PLANO: 2	ESC: 1:50,000
FECHA: DIC/2007	