



*Fotografía 11 Vista panorámica del Complejo Milonítico, tomada cerca del poblado de Tutepetongo*

El evento  $D_3$  tiene una deformación extensional con múltiples sentidos de movimiento, esto reactiva la foliación  $S_2$  y se desarrollan microestructuras tipo domino en el límite dúctil-frágil;  $D_3$  esta relacionada con la exhumación temprana de la faja milonítica en carta Telixtlahuaca op cit (1999) (**Figura 8**).

En el Cretácico las formaciones presentan una intensa deformación de acuerdo a la escala de afloramiento y están involucradas en cabalgaduras y despegue gravitacional. La deformación no alcanza casi nunca la recrystalización metamórfica por lo que se considera que se desarrollo en un nivel cortical relativamente superficial C. R. M. (1999).



*Fotografía 12 Deformación dúctil en areniscas de la formación Jaltepetongo*

La formación Jaltepetongo esta regularmente deformada por pliegues de dimensiones pequeñas, frecuentemente disarmonicos, (**Fotografía 12**), sus ejes son generalmente de dirección norte-sur con vergencia hacia el este. Dentro de las microestructuras se observan fallas inversas y corrimientos paralelos a la estratificación, causado por el

despegue de capas masivas de arenisca sobre capas lutíticas,



*Fotografía 13 Calizas plegadas con deformación armónicas pertenecientes a la formación Yushé, localidad carretera Nacaltepec-Dominguillo*

La formación Yushé esta muy plegada pero con una deformación mas armónica (**Fotografía 13**), esto es el resultado de una mayor homogeneidad litológica por lo observado, la deformación en toda el área reconocida es general y guarda un rumbo de este al oeste, formando pliegues bien definidos.

**Falla Oaxaca.-** Durante el Cenozoico la estructura más sobresaliente en esta región es la falla Oaxaca localizada en una depresión alargada con relleno fluviolacustre, dicha estructura se inicia en Tehuacan y culmina cercano a la ciudad de Oaxaca, se manifiesta como un escarpe rectilíneo de dirección  $N 20^\circ W$  consiste en un grupo de fallas paralelas que forman ángulos de hasta  $25^\circ$  con esa dirección, Nieto S. F. A. (1995). En el bloque del bajo están las rocas del Complejo Milonítico cuya edad se ubica en el Paleozoico tardío y el Jurásico medio, en el

bloque del alto rocas pertenecientes al Complejo Oaxaqueño de edad Precámbrica y a su cobertura.



*Fotografía 14 Falla Oaxaca, pone en contacto tectónico al conglomerado Cuicatlan y al Complejo Milonítico*

De acuerdo a lo observado, en el área la falla Oaxaca solo se observa su traza y otras evidencias; en el poblado de Santa Cruz El Porvenir donde existe un bloque levantado (*fotografía 14*), esta formado por el Complejo Milonítico y afectando a un bloque calcáreo de la formación Jaltepetongo, mas al norte la falla desaparece y se considera lo siguiente: que la falla sea desplazada por otra falla de rumbo o de transferencia (este-oeste ó noroeste–sureste); que exista un puente entre un segmento y otro; o que el plano de falla se incline aún mas, haciéndose imperceptible y aumentando su inclinación en la localidad de Zoquiapan Pueblo Viejo?. A partir de esta localidad, no se tiene evidencia hasta el poniente del poblado de Tutepetongo en donde posiblemente sea la continuación y tiene una actitud de N 15° W con una inclinación de 42°SW, poniendo en contacto tectónico al Complejo Milonítico con el Conglomerado Cuicatlán.

En la cuenca o bloque hundido la estratificación está representada por una interestratificación de conglomerados de gran espesor, así como la existencia de discordancias estructurales y erosionales entre las unidades litológicas diversas, sugieren que dicha falla actúa durante el Terciario como una falla de crecimiento con movimientos recurrentes, es decir periodos activos y pasivos alternados Centeno G. E. (1988).

Al noroeste se localiza la estructura que fue originada por la exhumación del Complejo Milonítico y que se ha interpretado como un decollement (Monte Flor) que pone en contacto a dicho complejo con rocas calcáreas de la formación Yushé, hacia el noreste se tiene una

cabalgadura denominada Los Cobos, continuando al noreste existe otra falla normal con dirección de N 60° W buzando al suroeste, que esta delimitando a un posible semigraben del río Grande que pone en contacto tectónico a conglomerados Miocénicos con calizas foliadas pertenecientes a la Secuencia Quiotepec, también existen otras fallas de menor interés con diferentes actitudes y de edad Cenozoica.

*Falla Buenos Aires.-* Se ubica en la esquina noreste de la carta, representa el contacto tectónico entre la Secuencia Quiotepec y el Complejo Sierra Juárez, al parecer se trata de una falla normal y proviene de la carta San Juan Quiotepec CRM (2,000) en prensa, en donde esta bien expuesta, guarda un rumbo N 40°E, con echados de 35° a 62° buzando hacia el suroeste, en una longitud de 2.5 Km.

*Falla de Los Cobos.-* Se localiza en la porción norte de la carta, al oriente del poblado de Tlacolula, en las inmediaciones del arroyo Los Cobos y el río Grande, presenta un rumbo sureste-noroeste, se trata de una falla inversa e interpretada basándose en la imagen de satélite. Basándose en observaciones de campo, pone en contacto por cabalgadura a la Secuencia Quiotepec del Cretácico inferior sobre la formación Yushé del Cretácico superior, en el curso de esta estructura se observó zonas de milonitas.

*Falla El Convento.-* Se ubica en el extremo oriente, en el límite de la carta, se trata de una falla normal con rumbo N 30°-45° W, con echado de 20° a 50° buzando hacia el suroeste, marca el contacto tectónico entre las metacalizas de la Secuencia Quiotepec y los Conglomerados Cuicatlán del Mioceno, también delimita al Semigraben de Maninaltepec que continúa en la carta San Juan Quiotepec observándose en esta carta una longitud de 4.5 Km.

*Falla El Bobo.-* Se localiza al noreste de la carta, de trata de una falla normal con rumbo N 10°W, echados de 60° buzando hacia el suroeste en una longitud de 4.2 Km., indica el contacto tectónico entre el Complejo Milonítico del Jurásico medio y el Conglomerado Cuicatlán del Mioceno.

*Falla El Porvenir.-* Se localiza en la porción centro-oriental de la carta, al nororiente de Santa Cruz El Porvenir, es la mayor de una serie de fallas escalonadas que están desplazadas por un sistema de fallas laterales, guarda rumbo N 34°W con echado de 62° buzando hacia el suroeste en una longitud de 4.5 km, está enclavado en rocas del Complejo Milonítico.

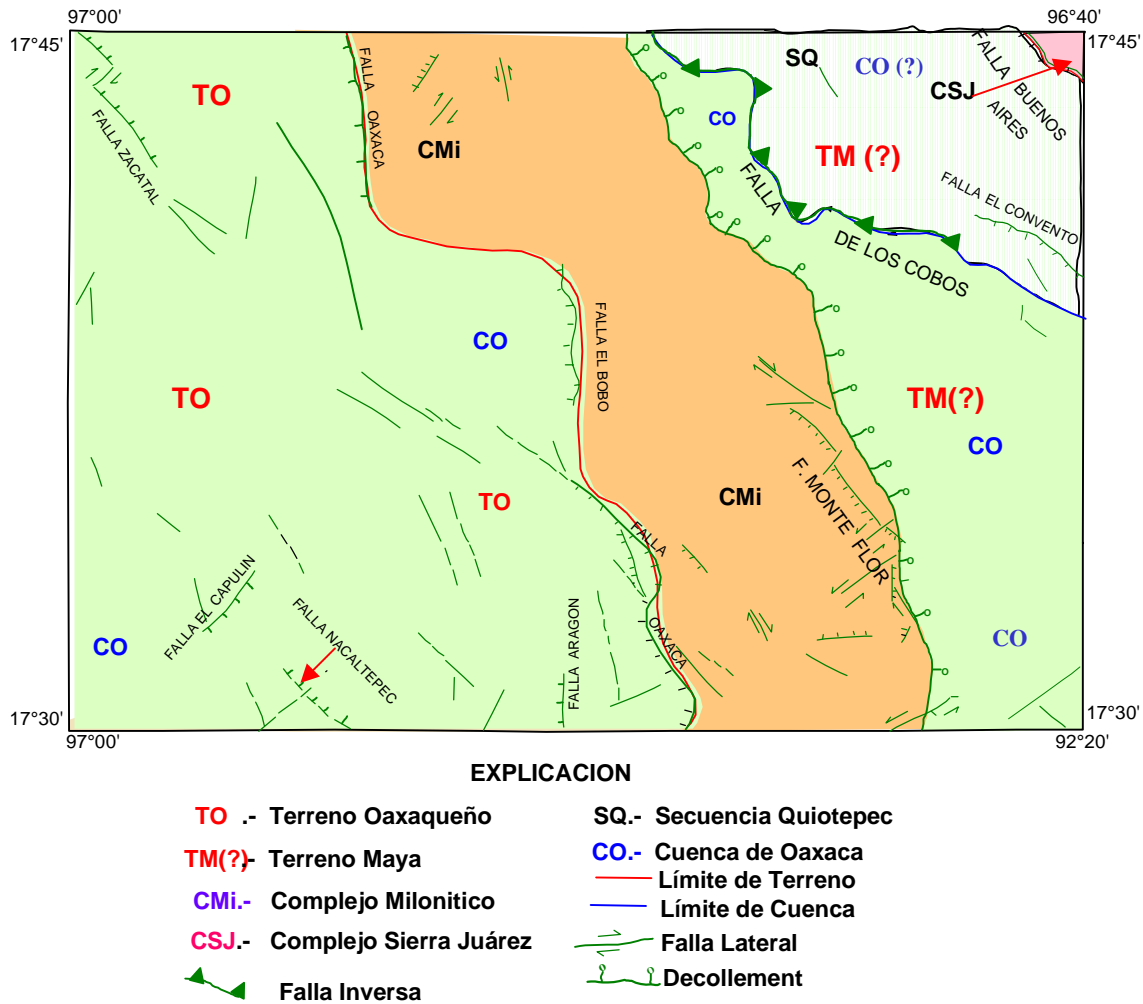


Figura 9 Esquema Tectónico

*Falla El Capulín.*- Se localiza en la porción surponiente de la carta, al noroeste de Cotahixtla, pone en contacto tectónico a las formaciones Yushé y Jaltepetongo del Cretácico con los Conglomerados Cuicatlán del Mioceno, guarda un rumbo de N 35°E con echados de 54° buzando hacia el sureste, se observa hacia el bloque del bajo una zona brechada en una longitud aproximada de 3 Km.

*Falla Nacaltepec.*- Se localiza en la porción sur al suroeste del poblado de Santiago Nacaltepec, se trata de una falla normal con rumbo sureste-noroeste, echados al suroeste, esta estructura fue interpretada basándose en la imagen de satélite, está alojada en areniscas de la formación Jaltepetongo.

*Falla El Zacatal.*- Se localiza hacia la esquina norponiente de la carta atravesando perpendicularmente al río Tomellín, alojada en Conglomerados Cuicatlán del

Mioceno, tiene una actitud de N 43°W con echado de 48° buzando hacia el noreste.

*Decollemen Monte Flor.*- Se localiza al oriente atravesando de sureste a noroeste la carta, esta estructura fue originada por la exhumación del Complejo Milonítico del Jurásico medio, ha sido interpretada como una falla de bajo ángulo que dio lugar al resbalamiento de las rocas del Cretácico superior sobre rocas del Cretácico inferior, determina el contacto tectónico entre el Complejo Milonítico y las unidades calcáreas del Cretácico (**Figura 4**). De acuerdo al sistema de fallas descrito y su predominancia de rumbo, es posible definir que este evento se realizó durante el Terciario y paralelo a la Orogenia Laramídica.

### III. 4. TECTONICA

De acuerdo al esquema tectónico (*Figura 9*) observamos lo siguiente: el Complejo Oaxaqueño se forma en tiempos Precámbricos como una secuencia de margen continental pasivo, la constitución geológica de este complejo Fries C. (1962), en Ortega, G. J. V. (1991) y Ortega G. F. et. al. (1977–1981) definen la última sucesión espacio–temporal de las facies de un ciclo tectónico complejo de sedimentación, magmatismo, deformación, levantamiento y erosión.

Las rocas de este complejo padecen deformación y metamorfismo en facies de granulita durante la Orogenia Grenvilliana. Durante el Devónico medio el fragmento Continental Oaxaqueño colisiona con el Complejo Acatlán y desde el Pérmico estos dos fragmentos constituyen un único bloque continental suturado por un cabalgamiento con vergencia hacia el Terreno Mixteco, en el Paleozoico superior, este bloque posiblemente forma parte de Norteamérica; la presencia de plutones de edad Pérmica indica la cercanía de un arco magmático, durante el Paleozoico no definido se produce un cabalgamiento del Complejo Oaxaqueño con el Complejo Sierra Juárez; este evento produce una sutura que corresponde a la primera fase de deformación del Complejo Milonítico, en el Jurásico medio esta sutura se reactiva como una megacizalla lateral derecha que posiblemente acomoda el movimiento hacia el sur del

bloque Yucatán, durante la apertura del Golfo de México. En este periodo el área reconocida es levantada como atestigua la sedimentación de tipo continental, carta San Francisco Telixtlahuaca, CRM.-UNAM, (1999). En el Complejo Metamórfico Sierra Juárez hay una fase de extensión y rifting continental con magmatismo intraplaca y deposición de una secuencia volcanosedimentaria marina; entre el Jurásico medio y el Cretácico inferior ocurre la exhumación de las rocas del Complejo Milonítico; en el Cretácico inferior este complejo constituye un alto submarino que hacia el final de la transgresión viene sepultado por rocas sedimentarias marinas.

En el Cretácico superior el levantamiento del Complejo Oaxaqueño, es posible que dicho levantamiento se realice por medio de una reactivación del Complejo Milonítico, el levantamiento produce un despegue de la cobertura sedimentaria del Complejo Oaxaqueño que se desliza al noreste, estos eventos culminan la Orogenia Laramide en el Paleoceno. Al terminar la compresión Laramide en el Eoceno indica un relajamiento tectónico que reactiva la sutura de la Sierra de Juárez para formar una estructura conocida como Falla Oaxaca, sistema de fallas normales que forman depresiones tectónicas de dirección norte–sur, en estas depresiones se deposita grandes espesores de sedimentos.

## IV. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### IV.1 CONCLUSIONES

En el presente estudio se reconoció al Complejo Oaxaqueño, Complejo Milonítico, Secuencia Quiotepec y Complejo Sierra Juárez.

Las rocas más antigua corresponden al Complejo Oaxaqueño con una edad del Precámbrico medio y es reconocido como el basamento de Terreno Oaxaqueño, la correlación de datos paleomagnéticos (Ballard et al) e Isotópicos (Keppie et al, (1995)) en la carta San Francisco Telixtlahuaca, CRM-UNAM (1999), sugieren que las rocas del Complejo Metamórfico Oaxaqueño pueden correlacionarse con la parte oriental del Escudo Precámbrico Canadiense. Este complejo metamórfico con base en su composición mineralógica, Ortega G. F. (1984) sugiere que se formaron en una margen continental pasiva.

Respecto al Terreno Juárez, diferentes autores como Campa U. M. F. et al (1982), consideraron a esta franja

como Terreno Juárez; Ortega G. F. et al (1990), lo denominaron Terreno Cuicateco y en común incluían al cinturón milonítico dentro de estos Terrenos, pero ninguno definió el basamento del mismo; Pacheco G. A. C., (1983) define como Subterreno Cuicateco únicamente al Complejo Milonítico. En el presente estudio, con los datos de campo y las relaciones

Lo que Pacheco op cit, consideró como subterreno Cuicatlán de edad Jurásico inferior-Cretácico, en la actualidad se ha reconocido como el Complejo Milonítico y que es considerado como la sutura de los Terrenos Oaxaqueño y Maya. Esto confirma parcialmente lo escrito por Pacheco op cit, en donde expresa su sospecha de que en toda esta región existe el Terreno Maya.

No se observó la relación entre el Complejo Cuicateco y la formación Jaltepetongo lo que puede ser indicativo que se trate de la misma unidad con un metamorfismo gradual, como resultado de lo anterior se concluye que

toda la unidad del Cretácico inferior (Knap Ar-Lu, Knap (?) C-F, Knap (?) MA. y Knap (?) MCz), la consideramos como una sola denominándola Secuencia Quiotepec.

Se cartografió por primera vez como unidades diferentes a la Secuencia Quiotepec del Complejo Sierra Juárez por medio de la falla Buenos Aires, la cual puede ser un límite tectónico entre estas dos unidades.

En base en lo descrito anteriormente, se concluye que el Complejo Sierra Juárez es el posible basamento del Terreno Maya y que la Secuencia Quiotepec forma parte de la cobertura de traslape de este Terreno.

Dos muestras datadas por paleontología en la carta San Juan Quiotepec CRM (2000) en prensa, en calizas foliadas de la Secuencia Quiotepec arrojaron una edad

del Berrriasiano medio-tardío. Esto también confirma las edades que Carfantán J. Ch.(1985), maneja para la Cuenca Cuicateca.

Las estructuras más sobresalientes son: el Complejo Milonítico, la falla Oaxaca, la estructura decollement Monte Flor, la cabalgadura de Los Cobos.

Con la finalidad de continuar con la investigación del Complejo Metamórfico Sierra Juárez y la Secuencia Quiotepec, se recomienda realizar otros estudios como dataciones radiométricas y paleontológicas por diferentes métodos confiables, también estudios geoquímicos por elementos menores y mayores, que permitan ubicar correctamente en tiempo y espacio a las rocas de estas unidades metamórficas.

## **V. PROBLEMAS NO RESUELTOS**

No se definió la continuidad de la falla Oaxaca en la carta.

No se encontraron los elementos necesarios para confirmar la estructura de décollement Monte Flor.

Parcialmente se reconoció la Secuencia Quiotepec, mas sin en cambio este problema no está resuelto y requiere de una investigación mas detallada.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Alanis A. S. A., (1993).- The milonite zone of the western Sierra de Juárez Region, Instituto de Geología UNAM.
- 2.- Alanis A. S. A., (1985).- The nature of the Cuicateco-Zapoteco Terranes, Boundary Southern México. Estación Regional del Centro, Instituto de Geología UNAM., Guanajuato, Gto., México.
- 3.- Alanis A. S. A., Nieto S. A., (1997).- Representación gráfica de los dominios de ruptura y deslizamiento – Aplicación a la falla de Oaxaca México, Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, Volumen 14, número 1, P 26-32, Estación Regional Centro, Instituto de Geología UNAM.
- 4.- Instituto Mexicano del Petróleo, (1983).- Subdirección de Tecnología de Exploración, Carta Geológica Oaxaca, Clave E14-9 Escala 1: 250,000.
- 5.- Centeno G. E., (1988).- Evolución estructural de la falla Oaxaca durante el Cenozoico. Facultad de Ciencias, Tesis profesional para obtener el título de maestro en ciencias, Revista Vol. 5, num. 2, p 223-228, UNAM.
- 6.- Carfantan J. Ch., (1985).- Du systeme cordillerain morel-American du domaine Caraibe. Etude Geologique du Mexique Meridional, Universite du Savoie a Chamberry, Francia.
- 7.- Campa U.M.F., García D.J.L. (1982) The greenville gneiss (Oaxaca terrene) thest over Cretaceous sedimentary– Volcanic are (Juárez Terrene) in Oaxaca state, México; Escuela Regional de Ciencias de la Tierra UAG, Taxco el Viejo Gro.
- 8.- Campa U. M. F and Coney J. P. (1982) Tectono-stratigraphis terranes and mineral resource distribution in México, PEMEX.
- 9.- Consejo de Recursos Minerales - Universidad Autónoma de México, (1999) Carta Geológico-Minera y Geoquímica San Francisco Telixtlahuaca, clave E14 - D 37, Escala 1: 50,000, Estado de Oaxaca.
- 10.- Consejo de Recursos Minerales, (1997).- Carta Geológico-Minera y Geoquímica Oaxaca, Clave E 14-9, escala 1: 250,000, Estado de Oaxaca.
- 11.- Consejo de Recursos Minerales - Universidad Autónoma de México, (1999).- Carta Geológico-Minera y Geoquímica Santa Catarina Ixtepeji, clave E 14 D 38, escala 1: 50,000, Estado de Oaxaca.
- 12.- Damon P. E., Shafiqullah M. y Clarck K. F., (1981).- Evolución de los arcos magmáticos en México y su relación con la metalogénesis. Laboratory of isotope geochemistry, Departament of Geociences, University of Arizona, Tucson Arizona 85721 E.U.A.; Departament of Geological Sciencies the Univrsssity of Texas, at El Paso; Texas 79968 E. U. A.
- 13.- Delgado A. L. A., (1988).- Geología preliminar de la secuencia volcano sedimentaria y serpentinitas asociadas del Jurásico (?) Del área de Cuicatlán - Concepción Pápalo, Oaxaca; Revista Vol. 1, Numero 2, P 35-127, Instituto de Geología, UNAM.
- 14.- Espinosa L. L., (1971).- Informe Geológico No. 567, Zona Sur, Estudio del Cañón del Tomellín, Subgerencia General de Exploración Zona Sur, Subgerencia de Geología, PEMEX.
- 15.- Flores R. J. V. y Lin H. L., (1974).- Estudio geológico - tectónico G. P. R. No. 120, Prospecto Sierra Juárez, Area Usila - Huautla de Jiménez, PEMEX.
- 16.- González R. A. y Sánchez R. D., (1999).- Geología regional y yacimientos minerales de Sierra de Juárez, Oaxaca, Consejo de Recursos Minerales.
- 17.- Ham W. J. M., (1981).- Informe geológico No. 799 Zona Sur, Prospecto Guelatao, Subgerencia General de Exploración Zona Sur, Superintendencia de Geología, Departamento de Geología Superficial, PEMEX.
- 18.- Nieto S. A. F., Alanis A. S. A. y Ortega G. F., (1994).- Estructura interna de la falla Oaxaca (México) e influencia de las anisotropias litológicas durante su actividad Cenozoica. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, volumen 12, número 1, P 1-8, Estación Regional Centro, Instituto de Geología, UNAM.
- 19.- Mora C. I.; Valley J. W. y Ortega G. F., (1986).- The temperature and pressure conditions of Greenville Age granulite - facies, metamorphism of the Oaxaca Complex, souhtern México, Revista Vol. 6, Num. 2, P 222-242, Departament of Geology, Rice University, Houston, Texas 77251 U.S.A., Instituto de Geología UNAM.

20.- Ortega G. F., (1985).- Una edad Cretácica de las rocas sedimentarias deformadas de la Sierra de Juárez, Oaxaca. Instituto de Geología UNAM.

21.- Ortega G. F., (1981).- Evolución tectónica Premississipica del sur de México, Revista Vol. 5, Numero 2, P 140-157, Instituto de Geología UNAM.

22.- Ortega G. F., (1993).- Geology of Oaxacan Complex-Nochixtlan-Oaxaca Area. Instituto de Geología UNAM.

23.- Ortega G. J. V., (1991).- Informe geológico del Prospecto Hoja Oaxaca de compilación geológica I. G. R. Z. No. 1129, Coordinación Divisional de Exploración, Gerencia de Exploración Región Sur; Subgerencia de Geología Superficial y Geoquímica, Residencia Oaxaca, PEMEX.

24.- Pacheco G. C. A. y Ortíz U. A., (1983).- Estudio Tectónico estructural de Tehuacan - Cordoba. Instituto Mexicano del Petróleo, Subdirección de Tecnología de Exploración.

25.- Padilla S. R. J., (1996).- Elementos de geología estructural, Petróleos Mexicanos y Facultad de Ingeniería UNAM.

26.- Schulze S. C. H., (1988).- Análisis estratigráfico y metalogenético del Estado de Oaxaca, Facultad de Ingeniería UNAM, Tesis Profesional.

27.- Sedlock R. L., Ortega G. F. y Speed R. C., (1993).- Tectonostratigraphic terranes and tectonic evolution of Mexico. The Geological Society of America, Boulder Colorado 80301 USA.