

F. Mooser*,
M. T. Ramírez**

ABSTRACT

The Cocos-Plate-subduction related to Trans Mexican Volcanic Belt's linear - (arcs, branches, en echelon grabbers), and circular features are genetically linked to tectonic and volcano tectonic forces. The SE trending lineaments seem to be older than reactivated Farallon-subduction related structures. A pulsating left lateral shear of the belt's upper brittle crust is evident; it is generated in the Acapulco trench and the newly spreading Colima graben.

RESUMEN

La subducción de la Placa de Cocos relacionada a rasgos circulares y lineales (arcos, ramales y grábenes *en echelon*) de la Faja Volcánica Transmexicana, está ligada genéticamente a fuerzas de dirección SE, parecen ser más antiguas que las estructuras reactivadas relacionadas a la subducción Farallón. Es evidente un esfuerzo de corte pulsante lateral izquierdo de la corteza superior rígida de la Faja; está generado en la Trincherera de Acapulco y en el graben de Colima de reciente apertura.

Este artículo contiene los datos presentados en la Mesa redonda sobre la Cuenca de México, por F. Mooser, M. T. Ramírez, y L. Ponce, durante la IX Convención Geológica Nacional en Octubre de 1988.

* Asesor técnico de CFE

**Investigador de la Escuela de Geografía, UAEM

1. Estructura General

La Faja Volcánica Transmexicana (FVTM) Se extiende, sensu stricto, del Océano Pacífico al Atlántico, desde el Estado de Nayarit hasta el estado de Veracruz, Comprende, sin embargo, sensu lato, numerosos ramales como el graben de Colima en el Oeste y la extensión al SE que se desprende desde la región de Oriental pasando por Oaxaca hasta Tehuantepec.

También incluye los Tuxtlas a más al SE los volcanes de Pichucalco (Chichón), aquellos del centro de Chiapas (Zontehuitez) y finalmente los volcanes del Soconuzco. De tal manera la FVTM se extiende desde Nayarit, en el Pacífico hasta Veracruz en el Atlántico y se prolonga de nuevo al Pacífico, uniéndose con la Cordillera Volcánica Centro-americana, sensu lato (Fig. 1).

2. Relación entre la Trinchera, el rift de Colima y el cizalleo

La dependencia de esta estructura de la activa subducción de la Placa de Cocos en la Trinchera de Acapulco fue sugerida primero en 1969 (Molnrat, F. and Sykes, L. R., 1969) y hasta hoy generalmente aceptada con base a la sismicidad que se desarrolla en la Trinchera de Acapulco y que aumenta de profundidad al norte de la zona de Benioff (Fig. 2).

Considerando el marco megatectónico, la Placa de Cocos en la actualidad se hunde bajo el continente con la velocidad de 5 cm/año al NE, mientras que la Placa de Norteamérica avanza al SW con una de 2.7 cm/año. Así la velocidad promedio absoluta de subducción es de 7.7 cm/año, con vector al NE con dirección ligeramente oblicua a las costas del sur de México, produciendo ello un pequeño esfuerzo oblicuo de cizalle a la izquierda. Este cizalleo se incrementa considerablemente a partir del

Pleistoceno por la apertura del rift de Colima que empuja el Sur de México al E.

3. Estado rígido y plástico de la corteza

Las mediciones de flujo térmico sugieren para la FVTM (Ziagos, J.P. *et al.*, 1985) la presencia, en ella, de una zona plástica en la corteza con temperaturas de 300 a 1000 desde profundidades de unos 10 km hasta su base de unos 45 km; arriba de ella la corteza se puede caracterizar como rígida, propensa a fracturamientos.

4. Sismicidad

En lo que concierne a la sismicidad, la zona de Benioff de la Placa de Cocos puede producir sismos máximos de 8.5 Richter en la Trinchera de Acapulco y debajo de las costas del continente. A mayor profundidad (100 Km), donde la placa sufre esfuerzos tensionales por el aumento de inclinación, magnitudes de 7.8 son posibles. En la FVTM sin embargo parecen ocurrir únicamente sismos tensionales someros con profundidades de 0 a 15 km y con magnitudes máximas de 6.5-7.0, a mayor profundidad la plasticidad impide la acumulación de esfuerzos sismogénicos (Ponce L., Suárez G., información verbal), Recientemente se han detectado también sismos de compresión someros, inmediatamente al Norte de la FVTM (Ponce L., Suárez G., información verbal), lo cual es acorde con los esfuerzos tectónicos ejercidos en un arco posterior (backarck).

5. Arcos, Ramales y Fosas Complejas

La FVTM incluye diversos elementos estructurales: arcos volcánicos, zonas de fracturas, grábenes en echelon y elementos circulares.

La Figura 3 reproduce los arcos reconocibles. Se señala la falta de conexión entre el gran arco central (Tarasco-Oaxaca) y el de Tuxtla-Chiapas. Se debe ésta, probablemente, a una ruptura de la Placa de Cocos en la curvatura del Istmo de

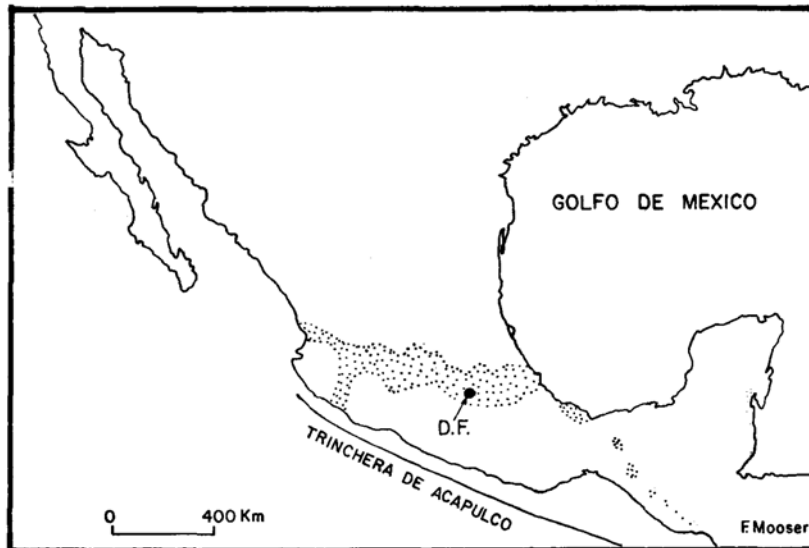


FIG.1 Faja Volcanica Transmexicana

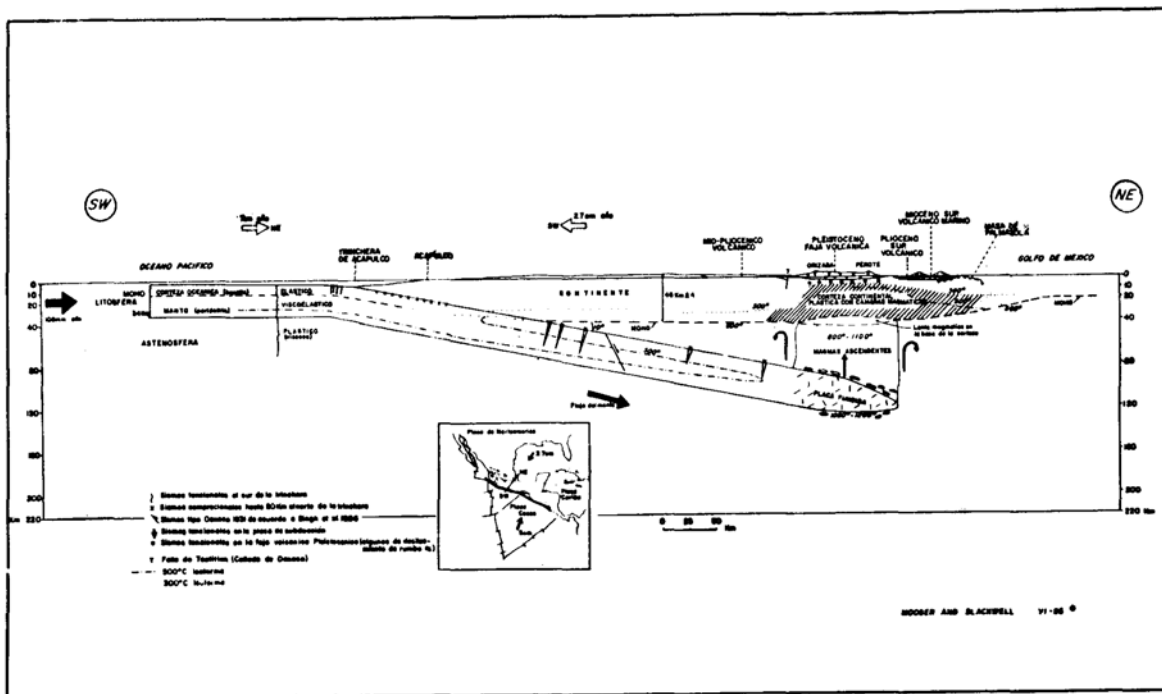


FIG.2 Subduccion de la placa Cocos y F.V.T.M.

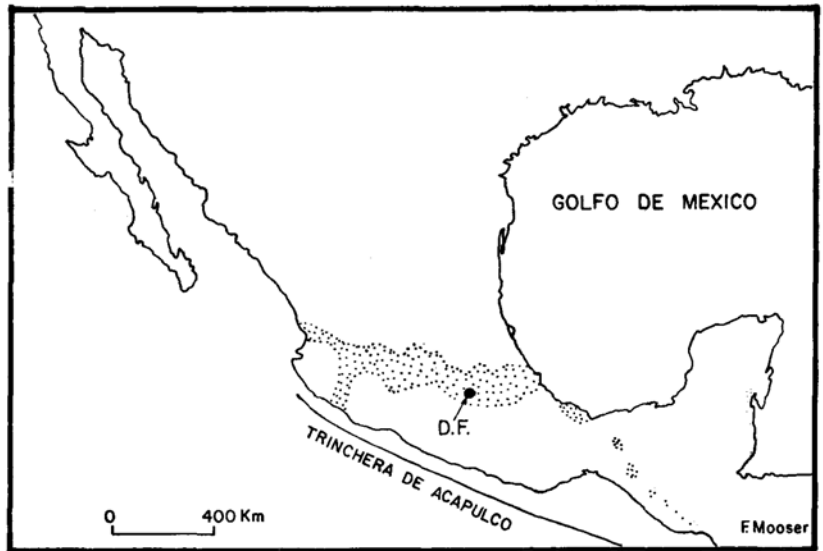


FIG.1 Faja Volcanica Transmexicana

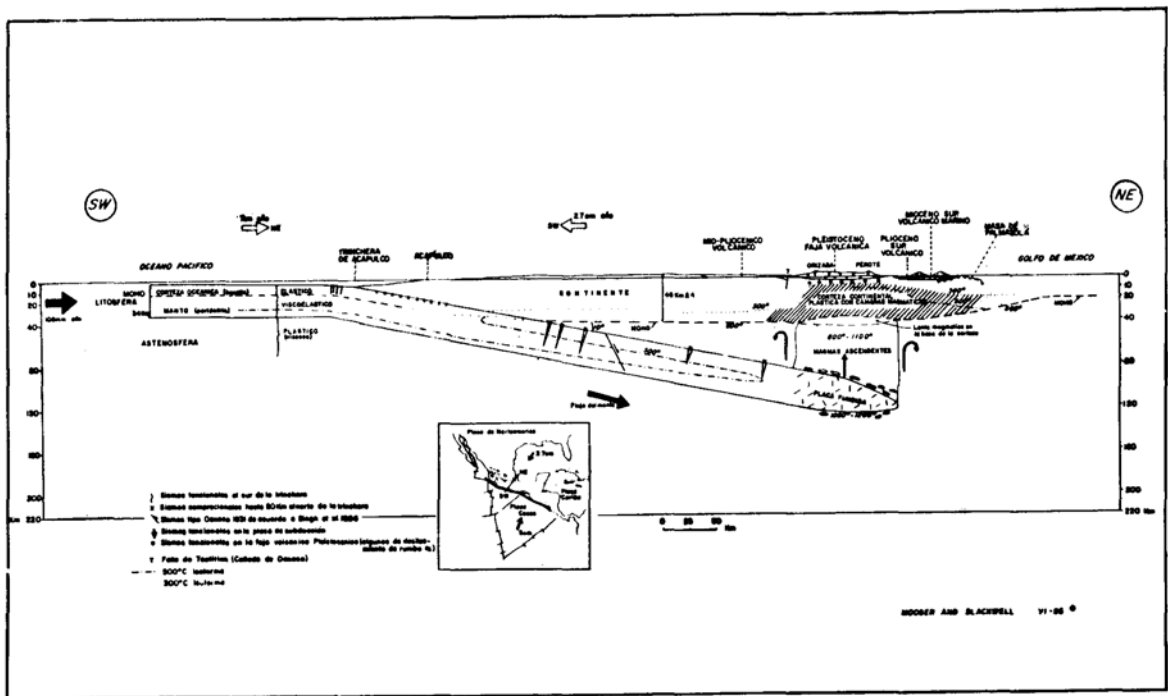


FIG.2 Subduccion de la placa Cocos y F.V.T.M.

Tehuantepec: aquí la zona de Benioff se hunde abruptamente, (30°), comparada con la inclinación leve ($10-12^\circ$) que la caracteriza debajo del Sur de la Mesa Central Mexicana.

Además de los grandes arcos volcánicos principales, pueden reconocerse otros arcos laterales o ramales como

Ramal de San Luis
Ramal de Querétaro
Ramal de Huichapan
Ramal de Chichinautzin
Ramal de Chiconquiaco

Dentro del Conjunto de la FVTM es posible diferenciar también agrupamientos de fosas y pilares que mantienen una secuencia escalonada (Fig- 4). Su arreglo sugiere un cizalleo a la izquierda ejercido desde la Trinchera de Acapulco sobre la corteza rígida delgada de la zona volcánica.

Debe señalarse sin embargo que un cizalleo clásico produciría agrietamientos tensionales en un ángulo de 45° y no subparalelos al esfuerzo. Se supone que este arreglo anómalo se debe a la preexistencia de fracturamientos más antiguos previos a la FVTM.

Los grabenes complejos reconocibles son:

Fosa de Silao

Fosa de Salvatierra-Querétaro
(Huichapan)

Fosa de Acambay

Fosa Temascaltepec- Chichinautzin-
Malinche

Fosa Chiconquiaco

Los números 4, 7 y 3 (Figura 4) se introducen al Pastel Volcánico Tarasco. La Fosa de Silao pega contra el graben de Chapala en su mitad septentrional.

6. Significado del Ramal Querétaro

Este sistema de fracturas tiene una dirección NNW-SSE; atraviesa en todo su ancho a la FBTM, cortando importantes estructuras como las Fosas de Silao, Salvatierra Querétaro, y Acambay, Termina al sur de la FVTM, afectando la gran caldera de Taxco; su dirección general sugiere una relación genética con los fracturamientos de un vulcanismo anterior; que es el creado por la subducción de la antigua placa del Pacífico (Farallón) en el Terciario Inferior (Figura 5). Posteriormente, estas estructuras parecen haber sido reactivadas por el vulcanismo moderno (Q), dependiente de la Placa de Cocos (Fig- 6).

7. Tectónica: Esfuerzos horizontales y verticales

Los principales elementos morfoestructurales de la FVTM se consideran producto de esfuerzos horizontales y verticales.

Los esfuerzos horizontales son producto de fuerzas de compresión y cizalleo ejercidos desde la Trinchera de Acapulco, donde está siendo subducida la Placa de Cocos en dirección al NE (Fig. 7).

Los esfuerzos verticales son originados por la tectónica ascendente y de tensión a la vez; puede definirse como vulcanotectónica esta última; se dividen dos fuerzas básicas (Fig- 8):

a) Expansión térmica de la corteza calentada por magmas a su base y magmas ascendentes. Los esfuerzos solamente pueden liberarse hacia la superficie.

b) Empuje de las cámaras magnéticas hacia arriba.

A lo anterior se agrega que el empuje tectónico horizontal sobre una corteza calentada y plástica en

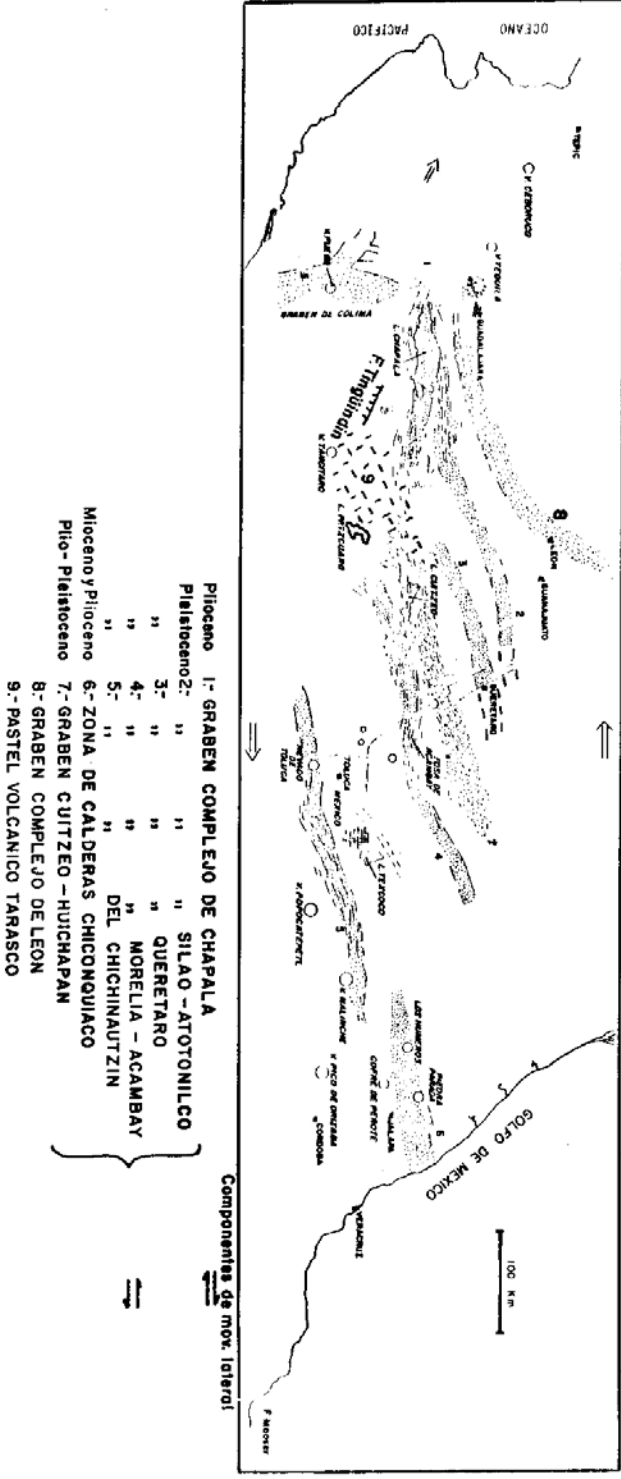


FIG. 4 Ramales Volcanicos escalonados

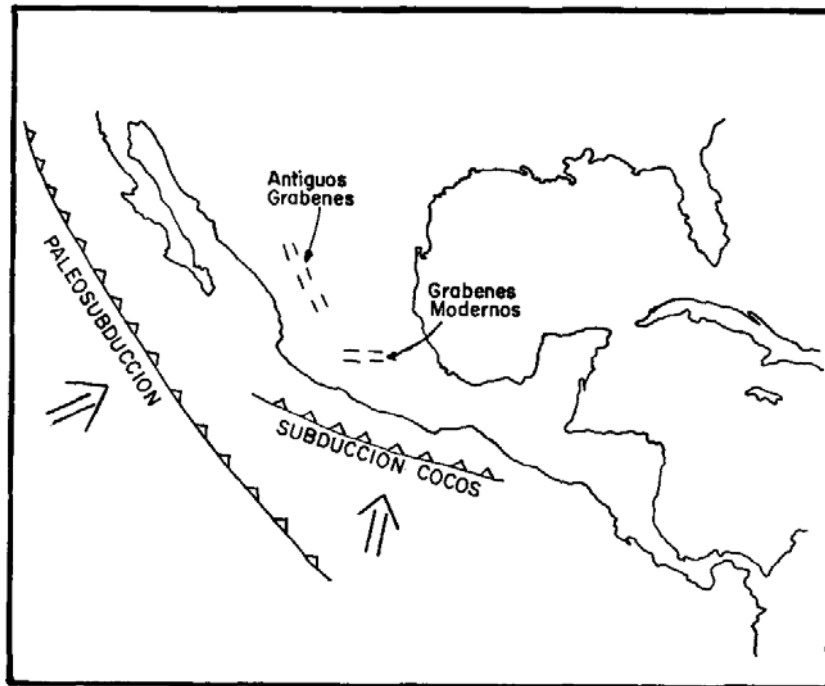


FIG.5 Subduccion de la Placa Farallon y Cocos

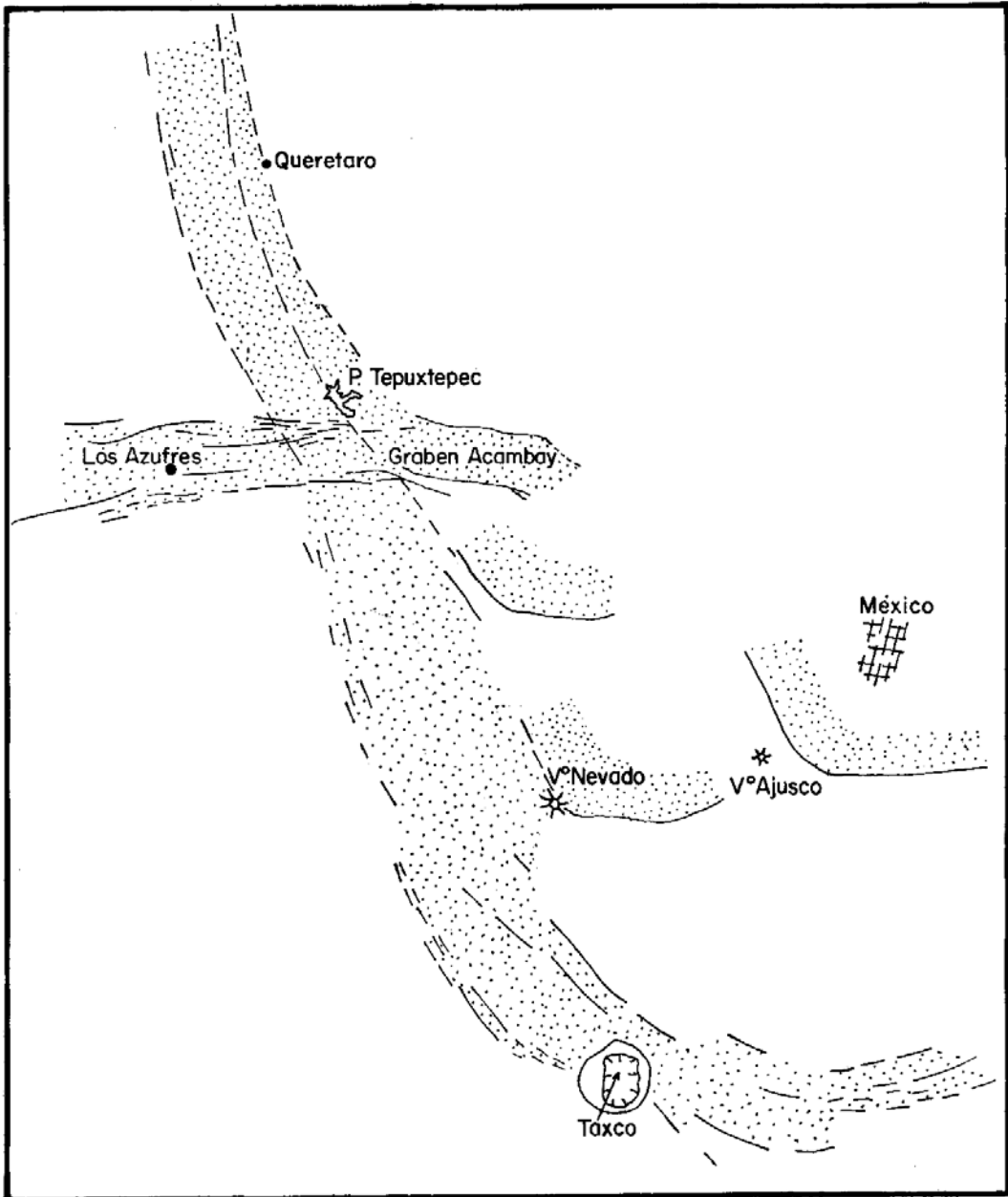


Fig.6 Ramal Queretaro y estructuras similares

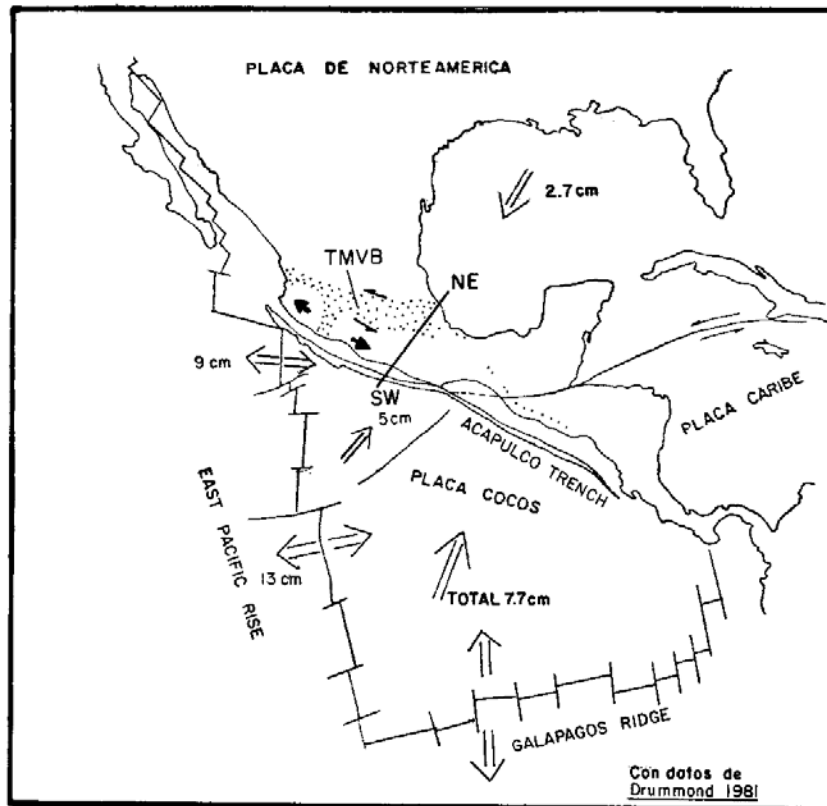


FIG.7 Esfuerzos horizontales en la FVTM

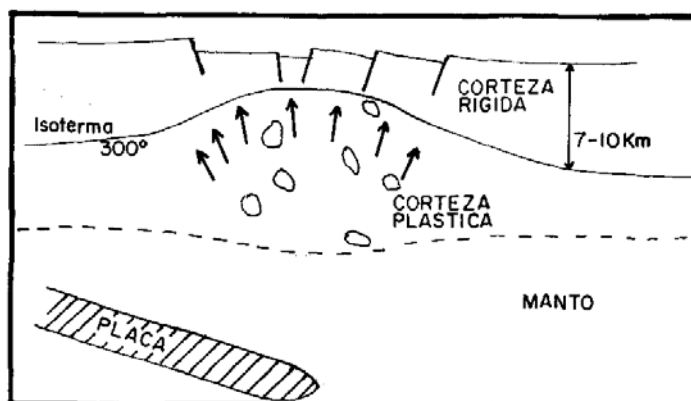


FIG.8 Calentamiento de zona volcanica

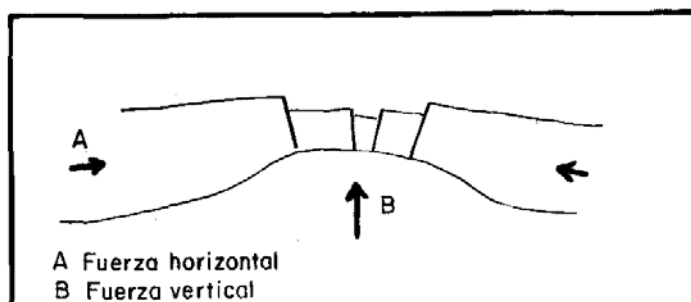


FIG.9 Tectonismo y Vulcanotectonismo se conjugan en arqueamiento

su mayor espesor, también genera arqueamiento, lo cual junto con los esfuerzos verticales (a, b) resulta de un abombamiento y un fracturamiento tensional en la corteza rígida superior.

Así, en un arco volcánico las fuerzas de tectónica horizontal y vulcanotectónica se conjugan a crear un conjunto de fosas y de pilares tensionales (Fig. 9) paralelos al arco. Sin embargo la vulcanotectónica, misma que dio origen a la FVTM, parece ser la actividad predominante en la formación de los grandes elementos morfoestructurales que componen a la FVTM, aunque sin la compresión y el cizalleo conectado a este último los grabenes en echelon no podrían generarse.

Compresión al fondo, levantamiento y subsecuente tensión superficial, finalmente también cizalleo a la izquierda, todos contribuyen.

8. Rasgos Lineales

En la FVTM han sido detectados estructuras lineales (Fig. 10) (Ramírez, M.T., 1988) que son la manifestación en superficie de la actividad vulcanotectónica ascendente y de los esfuerzos tectónicos horizontales ejercidos desde la Trinchera de Acapulco. Estos rasgos lineales o lineamientos morfoestructurales de acuerdo a su orientación se dividen en tres grupos:

GRUPO I Dirección General W-E:

- Lineamiento morfoestructural Silao
- Lineamientos morfoestructural Salvatierra-Querétaro (Huichapan)
- Lineamiento morfoestructural Acambay
- Lineamiento morfoestructural Temascaltepec-Chichinautzin Malinche
- Lineamiento morfoestructural Chiconquiaco

De los anteriores, el lineamiento morfoestructural del graben de Acambay se considera el más activo, en particular su parte oriental durante el Pleistoceno y Reciente. Ha sido asociado a numerosos sismos en épocas históricas, destacando el macrosismo de 1912.

La relación de los lineamientos del Grupo I con la actividad de subducción de la Placa de Cocos es directa, especialmente en lo que se refiere al cizalleo, ya que todos guardan un arreglo en echelon.

GRUPO II Dirección General NNW-SSE:

-Lineamiento morfoestructural Querétaro (ver cap. 6).

La dirección general de éste, sugiere una relación genética con una subducción anterior, la de la Placa Farallón que creó grabenes al NW en el Terciario Inferior.

GRUPO III Dirección General NE:

Este grupo lo constituye una serie de lineamientos oblicuos de la FVTM. Se detectan en el Valle de Toluca, en la Cuenca de México, en la de Puebla-Oriental y en la elevada Sierra del Pico de Orizaba y del Cofre de Perote. Su estilo sugiere que deban su origen a un cizalleo lateral-izquierdo que sería la respuesta de la corteza rígida superior al empuje oblicuo de la Placa de Cocos en subducción.

9. Rasgos Circulares

Abundan en la FVTM evidencias de lineamientos curvos que en ciertas partes coalescen a formar rasgos clásicamente circulares. Creemos que el mecanismo que los produce depende del empuje vertical y el resultante abombamiento ejercido por grandes cuerpos magmáticos localizados en la corteza superior; pero también pueden ser resultado de la emisión de grandes volúmenes de magmas y el subsecuente colapso provocado. Como tal, los rasgos circulares son producto de esfuerzos

volcanotectónicos, o sea tectónica vertical.

Destacan dentro del arco volcánico Tarasco-Oaxaca las grandes morfoestructuras circulares (Figura 10):

1) La Cebolla de Tzitzio; se encuentra al Este y Sureste de Morelia y se considera la de mayores dimensiones hasta ahora observando en la parte centro oriental de la FVTM. Su expresión geomorfológica es clara en las imágenes de satélite (esc. 1: 1 000,000) y en las cartas topográficas de más detalle (1:250, 000);

2) El complejo de colapso del Gallo Huapango-Nado y Tepuxtepec. Estas morfoestructuras circulares que se encuentran superpuestas se localizan al Norte del graben de Acambay. El extremo SE del colapso Huapango-Nado coalesce con el graben; en la intersección del colapso y las fallas de la margen norte del graben parece haberse producido el sismo de 1912.

En el territorio de la FVTM se observan zonas donde ha tenido mayor relevancia el desarrollo de morfoestructuras circulares y de colapso: zona de volcán Nevado de Toluca, Popocatépetl, La Malinche, Cofrede Perote, Pico de Orizaba y en la zona de Húmeros (Fig. 10).

10. Tectónica lineal y Tectónica circular

Si se restringe el análisis morfoestructural de la FVTM a las expresiones superficiales, entonces es posible diferenciar rasgos lineales y rasgos circulares; de ahí que se puede también hablar de tectónica lineal y tectónica lineal y tectónica lineal circular. Conjugando ésto con las definiciones previamente formuladas, es posible decir que la tectónica lineal superficial es el resultado de empujes horizontales, y los circulares el resultado de empujes verticales únicamente.

11. Sismicidad en la FVTM

La sismicidad de FVMT es exclusivamente superficial ligado a la corteza rígida superior. Temblores no se generan a profundidad, dentro de la corteza plástica media o inferior, ni tampoco en el manto debajo de ella, ya que el calor aquí impide la acumulación de esfuerzos tectónicos. De una manera general los sismos pueden generarse dentro de las zonas centrales de grebenes (focos Marvatío en el lineamiento Acambay) o en los límites laterales de los sismos (focos Acambay), donde el rompimiento aún se produce. Pero también suelen ser zonas predilectas de generación sísmica aquellas donde se interceptan grabenes y colapsos circulares, es decir elementos de tectónica lineal con tectónica circular también (Acambay, 1912).

Dentro de este último contexto, un caso muy característico lo representa el macrosismo de Jalapa de 1920. Parece que este terremoto se produjo en la intersección de dos fallas de un arco volcánico con una falla de un graben dentro del colapso semielíptico de la Sierra Pico de Orizaba-Cofre de Perote.

BIBLIOGRAFIA

Molnar, P. and Sykes, L.R., 1969, Tectonics of the Caribbean and Middle America Regions from Focal Mechanisms and Seismicity: Geol. Soc. Am. Bull., v. 80, p. 1639-1684.

Mooser, F., 1969, The Mexican Volcanic Belt. Structure and Development: Simp. Panam. del Manto Sup. Geof. Int., México.

Mooser, F., 1972, The Mexican Volcanic Belt, structure and Tectonics: Geof. Int. 12(2), 55-70, México.

Ramírez, HMT., 1988, Análisis Morfoestructurales de la Faja Volvánica Transmexicana (Centro Oriental): Doc. Invest. Cient. 1-10, UAEM, México.

Ramírez, H.MT., y F. Mooser, 1988, Análisis Morfoestructurales de la Faja Volcánica Transmexicana; Tectónica Vulcanotectónica y sismicidad. En Resúmenes IX Conv. Geol. Nac., México.

Ziagos, J.P., et. al., 1985, Heat Flow in Southern México and the thermal effects of subduction: Geophys. Res., 90, p.5410-5420.