

ESTRUCTURAS GEOLOGICAS LOCALIZADAS EN LA SUPERFICIE

La información sobre la estructura geológica de la Cuenca de México que fue utilizada en la elaboración del presente informe es de calidad variable y proviene (1) de observaciones geológicas efectuadas en el campo durante el presente proyecto de investigación, (2) de la interpretación de rasgos volcánicos de acuerdo con los principios presentados por Nakamura (1977) y Shaw (1980) y (3) de diversos mapas geológicos publicados sobre esta región, los cuales están indicados en la Lámina 1. Cabe señalar que, salvo los datos publicados referentes al pozo Texcoco 1 (Secretaría de

Hacienda y Crédito Público, 1969), no se contó con información proveniente de exploraciones directas para propósitos geológicos, como pudieran ser las zanjas o sondeos con recuperación continua de núcleos.

En este capítulo se aborda primeramente las estructuras geológicas en la zona limítrofe occidental de la Cuenca que están directamente relacionadas con la estructura en el subsuelo del área urbana de la Ciudad de México y que fueron detectadas mediante observaciones en el campo (*i.e.* Enjambre de fallas Las Cruces); posteriormente, se presenta la descripción de las estructuras de la Sierra de Guadalupe, la de las del área de Tepetlaoxtoc al oriente y, finalmente, las del área de El Tezoyo.

ENJAMBRE DE FALLAS LAS CRUCES

Las fallas y fracturas que integran esta estructura mayor fueron detectadas en la superficie en el tramo central de la vertiente oriental de la Sierra de Las Cruces, que constituye la región limítrofe suroccidental de la Cuenca de México (Lámina 1). El límite septentrional de esta estructura mayor corresponde a la barranca del Río Hondo y el meridional a la barranca del Río Magdalena. Entre estas dos barrancas mayores se pudo inferir la localización de un total de ocho fallas mayores con rumbo general N 55° E y con longitud promedio de 11 km, trazable en la superficie desde el contacto occidental de los depósitos aluviales de la Cuenca hacia el surponiente.

Falla Río Hondo. La más septentrional de las fallas inferidas es la de la barranca del Río Hondo. El rumbo del tramo suroccidental de esta falla al poniente-surponiente de Loma del Carmen es N 60° E, mientras que su tramo nororiental a partir de este punto es N 40° E. Su longitud superficial es de 14 km. Cabe mencionar que Mooser (1975) en su "Mapa geológico de la Cuenca de México y zonas colindantes" utilizó la unidad "Tpt" con color azul claro al suroriente del Río Hondo, mientras que otra, supuestamente también "Tpt" con color azul más oscuro al norponiente. En la leyenda de ese mapa aparecen ambos colores con "Tpt", pero no se aclara en el texto correspondiente cuál color corresponde a qué. Ambos colores podrían corresponder a la Formación Tarango. En vista de que existen unidades no definidas adecuadamente o siquiera descritas, se optó por señalar estos depósitos en la Lámina 1 como "Rocas volcánicas epiclásticas plio-cuaternarias". En la parte occidental de la Cuenca de México, esta unidad corresponde a la Formación Tarango y a restos de depósitos de tefra pleistoceno-holocénicos(?).

En el área de San Antonio Zomeyucan (Figura 2) se infiere la presencia de la Falla Río Hondo por la distribución de distintas unidades litológicas en las dos márgenes de la barranca. Se considera que los depósitos laháricos de la Formación Tarango de la margen noroccidental pudieran ser sensiblemente más antiguos que la secuencia pumítica de esta misma formación en la margen suroriental; no obstante, ambos ocupan prácticamente el mismo nivel topográfico. Esta relación cronoló-

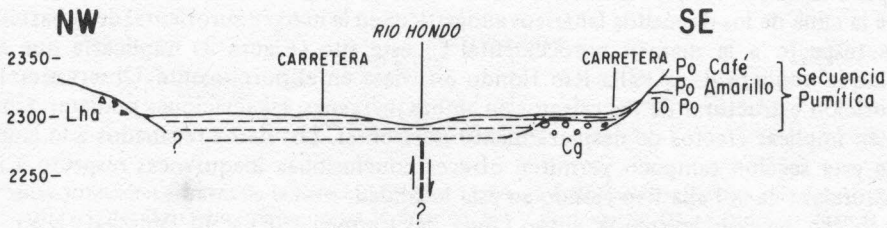


Figura 2. Sección a través de la barranca del Río Hondo, a la altura de San Antonio Zomeycan, que muestra diferentes unidades litológicas en las dos márgenes de la barranca y la posición inferida de la Falla Río Hondo debajo del aluvión del cauce del río. Lha= depósitos laháticos andesíticos; Po= pómez; To= toba; Cg= conglomerado. Para la localización de la sección, véase la Lámina 1. Escala vertical igual que la horizontal.

gica, sin embargo, es sólo una suposición ya que los datos disponibles en el sitio de esta sección no ofrecen conclusiones categóricas.

Con base en los datos disponibles para esta localidad, sólo se especula al afirmar que aquí existe una falla de desplazamiento vertical, como se muestra en esta sección, o si el desplazamiento es lateral-horizontal.

A unos 1,500 m al surponiente de la sección anterior, a la altura de la estación de ferrocarril Río Hondo, se observan las relaciones a través de la barranca del Río Hondo que se muestran en la Figura 3.

En esta área se aprecia con claridad que los depósitos laháticos andesíticos subyacen en ambas márgenes a los depósitos pumíticos (*i.e.* lahar pumítico y pómez), mismos que están cubiertos por conglomerado en la margen noroccidental de la barranca. Si esta relación estratigráfica se extrapola a la sección anterior (Figura 2), podría inferirse para la Falla Río Hondo en aquel sitio un desplazamiento vertical

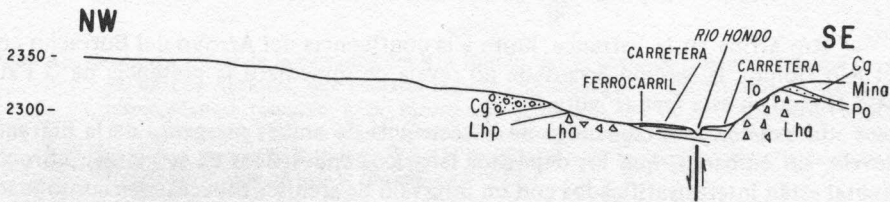


Figura 3. Sección a través de la barranca del Río Hondo, a la altura de la estación de ferrocarril Río Hondo, que muestra la posición inferida de la Falla Río Hondo y la posición estructural de las unidades litológicas en ambas márgenes de la barranca. Lha= depósitos laháticos andesíticos; Lhp= depósitos laháticos pumíticos; Po= pómez; To= toba; Cg= conglomerado. Para la localización de la sección, véase la Lámina 1. Escala vertical igual que la horizontal.

aparente con el bloque hundido en el suroriente. En cambio, la posición topográfica de la cima de los depósitos laháricos andesíticos en la margen suroriental de la barranca respecto a la margen noroccidental en este sitio (Figura 3) implicaría que el bloque hundido de la Falla Río Hondo estuviese en el norponiente. Observando la posición estructural de los estratos en ambas márgenes, las relaciones pudieran también implicar efectos de desplazamiento horizontal. Los datos recabados a lo largo de esta sección tampoco permiten ofrecer conclusiones inequívocas respecto a la naturaleza de la Falla Río Hondo en esta localidad.

La sección levantada entre Loma del Carmen (SE) y El Pedregal (NW), a través de la barranca del Río Hondo (Figura 4), indica la presencia de la Falla Río Hondo en la margen suroriental de la barranca.

La inclinación de la Falla Río Hondo está inferida, pero es cercana a la vertical. El desplazamiento se dedujo de la posición de las tobas escalonadas. Tanto aquí como en los sitios de las secciones anteriores, no se puede establecer de manera inequívoca si el desplazamiento vertical es un hecho real, ya que un desplazamiento horizontal hubiera podido producir el mismo efecto de desplazamiento vertical aparente.



Figura 4. Sección a través de la barranca del Río Hondo, a la altura de Loma del Carmen, que muestra en la margen suroriental la Falla Río Hondo. La simbología es igual que la de la figura anterior. Para la localización de la sección, véase la Lámina 1. Escala vertical igual que la horizontal.

Río arriba en la barranca, junto a la confluencia del Arroyo del Borracho con el Río Hondo, la sección levantada no revela de inmediato la presencia de la Falla Río Hondo en esta área (Figura 5).

El examen más cuidadoso de la secuencia de ambas márgenes de la barranca revela, sin embargo, que los depósitos laháricos andesíticos de la margen noroccidental están interestratificados con un intervalo de arenisca tobácea bien consolidada y que este mismo intervalo no está presente en la margen suroriental. Si la falta de continuidad del intervalo de arenisca tobácea de la margen noroccidental a la suroriental se debe a acuñamiento, que pudiera ser el caso ya que estas unidades litológicas pueden presentarse como cuerpos lenticulares, o a desplazamiento producido por la Falla Río Hondo sepultada debajo de conglomerado y/o grava del río, es una cuestión abierta hasta que se tengan más datos sobre esta área.

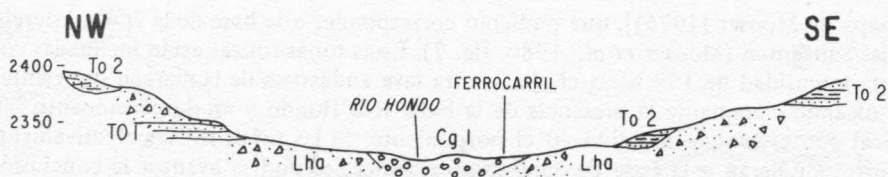


Figura 5. Sección a través de la barranca del Río Hondo, a la altura de la confluencia del Arroyo del Borracho, que muestra la distribución y posición de las unidades litológicas en ambas márgenes de la barranca. Lha= depósitos laháticos andesíticos; To 1 = arenisca tobácea bien consolidada; To 2= toba limoarenosa no consolidada reciente; Cg= conglomerado y/o grava. Para la localización de la sección, véase la Lámina 1. Escala vertical igual que la horizontal.

La siguiente sección se levantó a través de la barranca del Río Hondo, unos 200 m río abajo de la confluencia del Arroyo de Los Ajolotes con el Río Hondo (Figura 6). En esta localidad el rasgo más notable lo constituye la posición estructural de los estratos de la margen noroccidental respecto a la suroriental, que permite inferir la presencia de la Falla Río Hondo debajo de los depósitos aluviales del cauce del río. La inclinación de los estratos de toba y depósitos laháticos andesíticos con una intensidad de 10° hacia el río en la margen noroccidental y la posición horizontal de los estratos de la margen suroriental son indicativos de un desplazamiento vertical aparente con el bloque hundido en el norponiente.

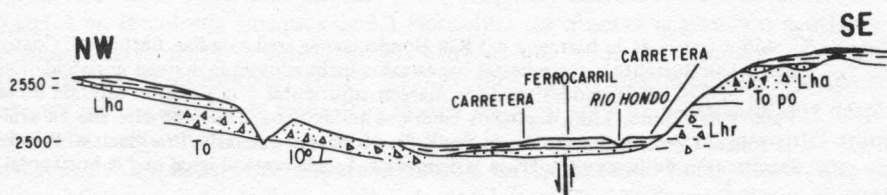


Figura 6. Sección a través de la barranca del Río Hondo, aguas abajo de la confluencia del Arroyo de Los Ajolotes, que muestra la posición inclinada de los estratos de la margen noroccidental respecto a la suroriental y la posición de la Falla Río Hondo. Lha= depósitos laháticos andesíticos de color gris; To= toba; Topo= toba de color café con pómez intercalado. Para la localización de la sección, véase la Lámina 1. Escala vertical igual que la horizontal.

La sección más suroccidental que se levantó a través de la barranca del Río Hondo durante el presente proyecto de investigación (Figura 7) se localiza unos 1,000 m aguas arriba de San Bartolomé Coatepec (= San Bartolito). En esta localidad los depósitos laháticos andesíticos de la margen noroccidental están cubiertos discordantemente por tobas alteradas en arcilla rojiza [Formación Tarango en el

mapa de Mooser (1975)], que pudieran corresponder a la base de la época interglacial Sangamon (Mooser *et al.*, 1986, fig. 7). Estas tobas rojizas están inclinadas con una intensidad de 15° hacia el río, contra lava andesítica de la margen suroriental, indicando claramente la presencia de la Falla Río Hondo y un desplazamiento vertical con el bloque hundido en el norponiente. Si las tobas rojizas efectivamente correspondieran a la base de Sangamon, entonces se podría avanzar la conclusión de que el desplazamiento a lo largo de la Falla Río Hondo en esta área debe haber ocurrido en tiempos más recientes que 100,000 años A. P.

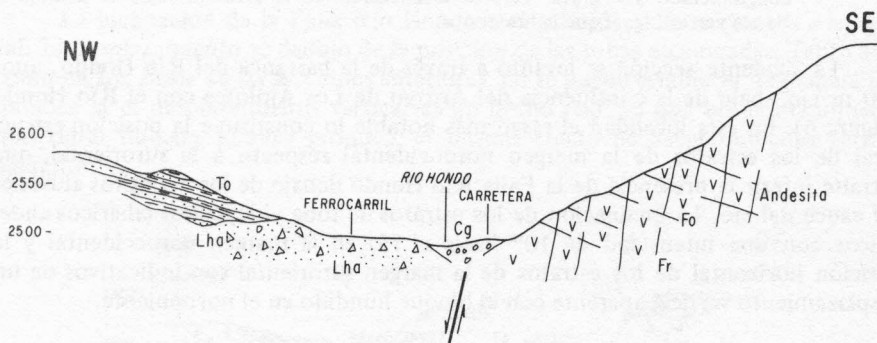


Figura 7. Sección a través de la barranca del Río Hondo, aguas arriba de San Bartolomé Coatepec (= San Bartolito), que muestra los estratos inclinados en la margen noroccidental hacia el río, contra andesitas de la margen suroriental y la posición inferida de la Falla Río Hondo. Lha= depósitos laháricos andesíticos; To= toba alterada en arcilla rojiza; Cg= conglomerado y/o grava; Fo= foliación primaria; Fr= diaclasa. Para la localización de la sección, véase la Lámina 1. Escala vertical igual que la horizontal.

La sección a través de la barranca del Arroyo de Los Ajolotes fue levantada (Figura 8) con objeto de tener un control mejor sobre las secciones presentadas en las Figuras 6 y 7.

Si bien las unidades litológicas de ambas márgenes de la barranca son distintas, éstas en sí no son necesariamente indicativas de la presencia de una falla a lo largo del Arroyo de Los Ajolotes. Sin embargo, la naturaleza ladeada del macizo andesítico, que constituye el Cerro de Las Víboras en la margen occidental, hacia el surponiente con una intensidad de 25° (*cf.* Figura 7) y que se debe a fallamiento en tiempos posteriores al depósito de la Formación Tarango, necesariamente implica que sus relaciones con los depósitos de esta misma formación de la margen oriental y que están en posición horizontal, deban ser por falla.

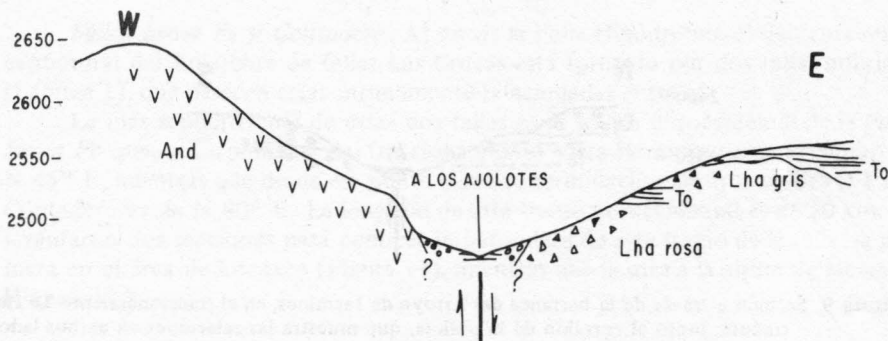


Figura 8. Sección a través de la barranca del Arroyo de Los Ajolotes, unos 1,200 m al sur de su confluencia con el Río Hondo, que muestra las relaciones en ambas márgenes de la barranca. Para la localización de la sección, véase la Lámina 1. Escala vertical igual que la horizontal.

Durante el presente estudio en ningún sitio se observó la superficie de la Falla Río Hondo. Las relaciones presentadas en seis secciones a través de la barranca del Río Hondo (Figuras 2 a 7) son indicativas de desplazamientos verticales aparentes que, en realidad, sólo corresponden a la separación vertical y no al desplazamiento real vertical. Por lo tanto, hasta que se demuestren las relaciones de los contactos de las diversas unidades litológicas en ambas márgenes de la barranca, con los datos recabados a lo largo del Río Hondo no se puede establecer de manera definitiva la naturaleza real de la Falla Río Hondo. Por otra parte, observando cortes de las calles abiertos en la colonia Bosques de La Herradura, se observa la posición caótica y a menudo fuertemente inclinada de los estratos que pudieran representar la mitad superior del Wisconsiniano (unos 25,000 años A.P.), sugiriendo los efectos del arrastre producido por la Falla Río Hondo o por su zona de fallas mediante desplazamiento horizontal. Es así que la Falla Río Hondo posee a lo largo del tramo investigado desplazamientos aparentes tanto verticales como horizontales, que son característicos comunes de las fallas de desplazamiento horizontal (Dennis, 1972, p. 310).

Falla Hipódromo. La falla inferida siguiente de este enjambre hacia el sur-oriente corresponde a la Falla Hipódromo, que se extiende desde la altura de la Universidad Anáhuac hasta el Hipódromo de Las Américas en lo que se refiere a su expresión superficial. Su traza es de 6 km de longitud y tiene trayectoria rectilínea que sigue un rumbo N 53° E (Lámina 1). A la altura del corralón de la policía del fraccionamiento La Herradura, un ramal se dirige hacia el poniente, hacia la Presa de Jazmines; esta falla tiene su bloque hundido en el sur, lo cual se deduce de la posición topográfica relativa de los estratos de ambas márgenes de la pequeña barranca y de la inclinación del conglomerado con una intensidad de 20° hacia el norte, hacia la falla (Figura 9).

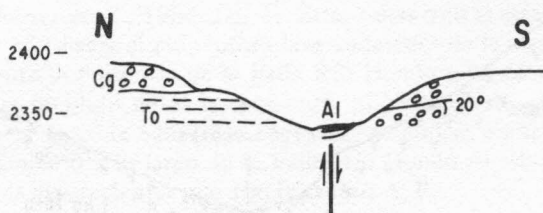


Figura 9. Sección a través de la barranca del Arroyo de Jazmines, en el fraccionamiento La Herradura, junto al corralón de la policía, que muestra las relaciones en ambos lados del ramal de la Falla Hipódromo. To= toba; Cg= conglomerado. Para la localización de la sección, véase la Lámina I. Escala vertical igual que la horizontal.

La presencia de la Falla Hipódromo se infiere de las relaciones que se muestran en la sección levantada a través de la barranca del Arroyo del Hipódromo a la altura de la tienda Comercial Mexicana en el fraccionamiento La Herradura (Figura 10). Mientras que las distintas unidades litológicas en esta localidad están inclinadas hacia el suroriente en la margen suroriental de la barranca, las de la margen noroccidental están en una posición topográfica más baja que las de la suroriental y están inclinadas hacia el norponiente. Con base en estas diferencias en la posición topográfica de las distintas unidades litológicas, se infirió que el bloque hundido de esta falla se localiza en el norponiente y que la inclinación de los estratos en esa misma margen hacia el norponiente pudiera ser el efecto de arrastre producido por el bloque hundido. No obstante, en este caso, al igual que en el caso de la Falla Río Hondo, el desplazamiento vertical pudiera ser sólo un rasgo aparente y las relaciones observadas haber resultado de desplazamiento lateral.

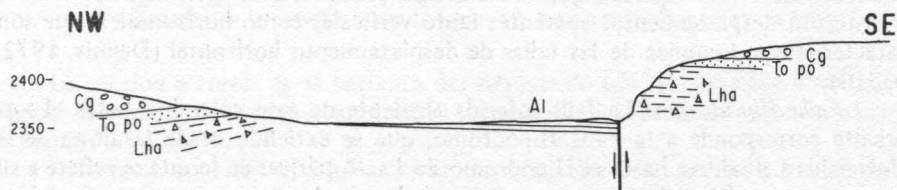


Figura 10. Sección a través de la barranca del Arroyo del Hipódromo, a la altura de la tienda Comercial Mexicana en el fraccionamiento La Herradura, que muestra la distribución y posición topográfica de las unidades litológicas en ambos lados de la Falla Hipódromo. Lha= depósitos laháricos andesíticos; Topo= toba pumítica; Cg= conglomerado. Para la localización de la sección, véase la Lámina I. Escala vertical igual que la horizontal.

Fallas Santa Fe y Contadero. Al sur de la Falla Hipódromo, el siguiente rasgo estructural del Enjambre de fallas Las Cruces está formado por dos fallas inferidas (Lámina 1), que parecen estar íntimamente relacionadas entre sí.

La más septentrional de estas dos fallas es el tramo noroccidental de la *Falla Santa Fe* que, al surponiente del fraccionamiento Vista Hermosa tiene un rumbo de $N 45^\circ E$, mientras que desde ese punto hasta su terminación abrupta contra la Falla Contadero es de $N 80^\circ E$. La longitud de este tramo noroccidental es de 10 km. Se levantaron dos secciones para conocer la naturaleza de este tramo de la falla; la primera en el área de Locaxco (Figura 11), mientras que la otra a la altura de Memetla (Figura 12.).

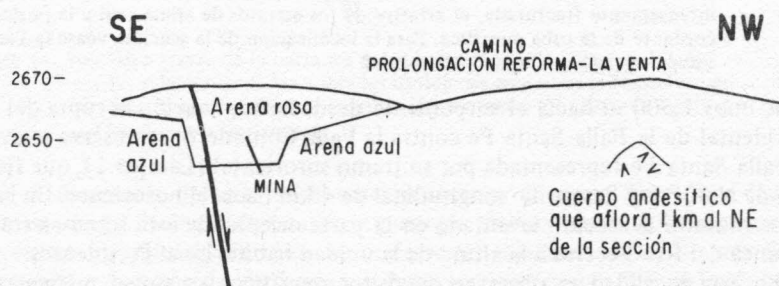


Figura 11. Sección a través del área de Locaxco que muestra la Falla Santa Fe cortando las arenas azules y rosas. Para la localización de la sección, véase la Lámina 1. Escala vertical igual que la horizontal.

La superficie de esta falla aflora en una de las minas de arena de Locaxco donde corta las arenas azules que Mooser y colaboradores (1985) fecharon en 170,000 años A.P., además de las arenas rosas. Estas relaciones indican que la falla es más reciente que 170,000 años. El desplazamiento es aparentemente vertical y corresponde a unos 20 m, estando el bloque hundido en el norponiente.

La otra localidad donde se recabaron datos sobre este mismo tramo de la Falla Santa Fe se ubica en el área de Memetla. Aquí la Falla Santa Fe se presenta por una zona muy fracturada, recubierta por toba rojiza alterada en arcilla, sobre la cual siguen estratos de arena azul inclinados con 20° hacia el norponiente, indicando efectos de arrastre en el bloque hundido. Cabe apreciar que los estratos inclinados de arena azul están cubiertos discordantemente por toba pumítica de color café en posición horizontal, que pudiera corresponder al "horizonte pingo" (Mooser *et al.*, 1986, p. 11 y 13), cuya edad es cercana a los 110,000 años A.P. Si la identidad de las unidades litológicas de las Figuras 11 y 12 fuese correcta, junto con las edades asignadas a ellas, entonces se podría concluir tentativamente que el desplazamiento a lo largo del tramo noroccidental de la Falla Santa Fe pudo haber ocurrido entre 170,000 y 110,000 años A.P.

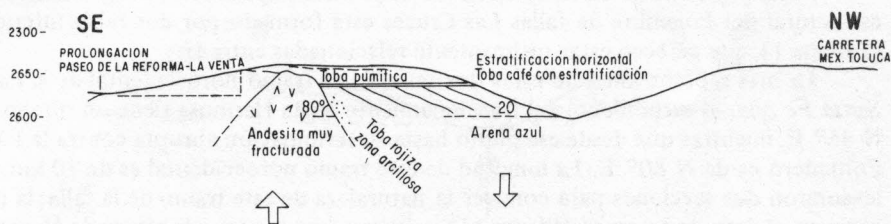


Figura 12. Sección a través de la Falla Santa Fe, entre la prolongación de Paseo de La Reforma y la carretera México-Toluca a la altura de Memetla, que muestra la zona de falla intensamente fracturada, el arrastre de los estratos de arena azul y la posición discordante de la toba pumítica. Para la localización de la sección, véase la Lámina 1. Escala vertical igual que la horizontal.

A unos 1,500 m hacia el surponiente desde la terminación abrupta del tramo noroccidental de la Falla Santa Fe contra la Falla Contadero, se observa nuevamente la Falla Santa Fe representada por su tramo suroriental (Lámina 1), que tiene un rumbo de N 80° E y desarrollo longitudinal de 4 km hacia el nororienté. En la Figura 13 se muestra la sección levantada en la parte oriental de este tramo, a través de la barranca del Río Becerra a la altura de la unidad habitacional Presidentes.

En esta localidad se observan depósitos pumíticos en ambas márgenes de la barranca en posición sensiblemente horizontal. No obstante, el examen cuidadoso de la secuencia revela que se trata de secuencias diferentes en ambas márgenes de la barranca, por lo que se considera justificado inferir la presencia de una falla en esta localidad. Los datos estratigráficos disponibles en la literatura sobre los depósitos epiclásticos plio-cuaternarios (en este caso la Formación Tarango) no permiten situar los depósitos que conforman una margen en la secuencia respecto a la otra y, por consiguiente, identificar el bloque hundido en caso de que se trata de una falla con desplazamiento vertical, aunque aparente.

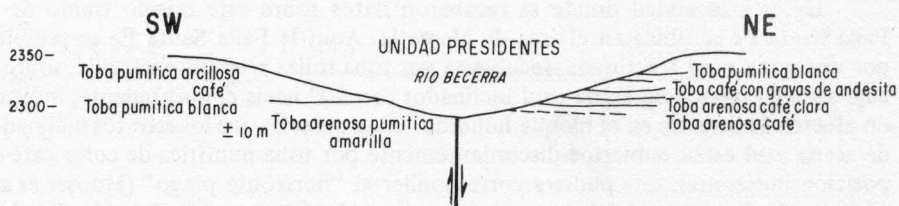


Figura 13. Sección a través de la barranca del Río Becerra, a la altura de la unidad habitacional Presidentes, que muestra la secuencia de las unidades litológicas en ambos lados del tramo suroriental de la Falla Santa Fe. Para la localización de la sección, véase la Lámina 1. Escala vertical igual que la horizontal.

Río arriba en la misma barranca, a la altura de la presa "C", se levantó otra sección a través del tramo suroriental de la Falla Santa Fe (Figura 14).

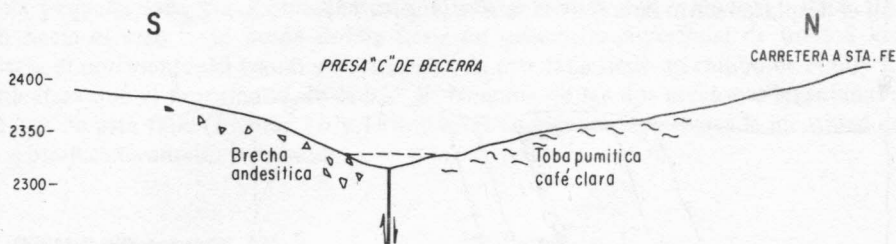


Figura 14. Sección a través de la barranca del Río Becerra, a la altura de la presa "C", que muestra las relaciones de las unidades litológicas en ambos lados del tramo suroriental de la Falla Santa Fe. Para la localización de la sección, véase la Lámina 1. Escala vertical igual que la horizontal.

A diferencia del área de la sección anterior (Figura 13), en esta localidad el contraste en la litología de una y otra margen es muy notable. Tomando en cuenta que existe un desnivel de unos 50 m entre las secciones de las Figuras 13 y 14 y una ligera inclinación de los depósitos desde la Sierra de Las Cruces hacia la Cuenca, es razonable suponer que la brecha andesítica de la margen meridional de esta sección esté estratigráficamente debajo de los depósitos tobáceos y pumíticos, tanto de la margen septentrional de esta sección, como de los de la sección anterior (Figura 13). Si este razonamiento es válido, entonces se podría considerar para el tramo suroriental de la Falla Santa Fe un desplazamiento vertical aparente con el bloque hundido en el norte-norponiente, de manera semejante a como ocurre con el tramo noroccidental de esta misma falla.

En cuanto a las relaciones temporales de la actividad a lo largo de este tramo de la Falla Santa Fe, a partir de las unidades litológicas expuestas en las dos secciones sólo se puede aseverar que el fallamiento ocurrió en tiempos posteriores al depósito de la Formación Tarango. Sin embargo, existen informes sobre la sismicidad reciente sobre la traza proyectada de esta falla (Lámina 1), que se abordará en el capítulo dedicado a la sismicidad local de este mismo estudio.

La *Falla Contadero* es la estructura de desarrollo longitudinal mayor, con 17 km, del Enjambre de fallas Las Cruces (Lámina 1) y su trayectoria es ligeramente convexa hacia el norponiente. El rumbo de casi todo su tercio suroccidental, es decir, desde la parada de Santa Rosa hacia el surponiente, es de $N 40^{\circ} E$, mientras que hacia el noriente de este punto es de $N 60^{\circ} E$. Los datos geofísicos recabados para el Túnel Analco-Cerro del Judío, junto con los resultados de los sondeos perforados, indican que el bloque hundido de esta falla está en el suroriente (Ing. L. P. Hartweg, comunicación personal). No obstante, a lo largo de esta falla también se

manifiesta desplazamiento lateral diestro por la separación horizontal de la Falla Santa Fe, que alcanza 1,500 m. Cabe mencionar que el fracturamiento e incluso falla observados en el bloque noroccidental de la Falla Contadero igualmente indican el desplazamiento lateral de la misma (Figura 15).

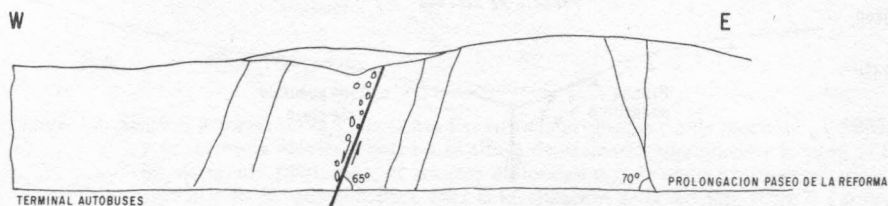


Figura 15. Croquis de la pared septentrional del tajo de la prolongación de Paseo de La Reforma, un kilómetro al oriente de la terminal de autobuses, que muestra pequeñas fracturas y falla con rumbo $N 85^{\circ} E$. Para la localización del croquis, véase la Lámina 1.

En vista de que la Falla Santa Fe es posterior a las arenas azules fechadas en 170,000 años A.P. y que la Falla Contadero desplaza a la Falla Santa Fe, el desplazamiento a lo largo de la Falla Contadero debe haber ocurrido durante los últimos 100,000 años. Cabe mencionar, sin embargo, que existe información sobre actividad sísmica reciente, localizada aparentemente a lo largo de la traza de esta falla (Lámina 1), la cual se abordará en el capítulo dedicado a la sismicidad local de este mismo estudio. Igualmente, se considera importante mencionar que, a raíz de los sismos de septiembre de 1985, el Túnel Analco-Cerro del Judío, anteriormente mencionado, sufrió daños en el área de la traza de la Falla Contadero, sin que hasta la fecha estos daños hayan sido geológicamente evaluados en función del comportamiento de esa falla.

Falla Atzoyapán. Esta es la siguiente falla inferida de este enjambre hacia el suroriente y alcanza una longitud superficial de casi 11 km, con rumbo de $N 60^{\circ} E$ (Lámina 1). Su trayectoria es casi rectilínea, con su bloque noroccidental hundido formado por unos 20 m de tobas limo-arcillosas de color café, que sobreyacen brechas andesíticas con matriz tobácea café clara (Figura 16). El bloque levantado contiene los mismos depósitos que el bloque hundido, aunque el espesor de la parte superior de la secuencia es de sólo 5 m y se encuentra topográficamente 15 m por encima del bloque noroccidental. El desplazamiento vertical aparente de esta falla es de unos 20 m. De las relaciones observadas, puede concluirse solamente que el desplazamiento a lo largo de esta falla ocurrió en tiempos posteriores al depósito de la Formación Tarango, ya que no se ha podido correlacionar a las tobas que conforman la parte superior de la secuencia a ciencia cierta, con las secuencias publicadas por Mooser y colaboradores (1986), aunque bien pudieran ser depósitos correspondientes al final del Pleistoceno.

Falla Puente Colorado. La Falla Puente Colorado se extiende desde Santa Rosa Xochiac hacia el nororiente hasta la Barranca del Muerto, con un desarrollo longitudinal de 10 km (Lámina 1). A unos 4 km al nororiente de Santa Rosa Xochiac, una pequeña falla corta oblicuamente la falla principal, desplazándola a unos 500 m hacia el suroriente desde donde tiene un desarrollo superficial de unos 5 km hacia el nororiente. El tramo suroccidental de esta falla tiene un rumbo de $N 60^\circ E$, mientras que el nororiental de $N 65^\circ E$. Ninguna de las dos secciones levantadas a través de esta falla (Figuras 16 y 17) muestra de manera inequívoca la identidad de los bloques levantado y hundido.



Figura 16. Sección desde el ramal noroccidental de la Barranca del Muerto hasta la Presa Mixcoac, a través de las Fallas Atzoyapán y Puente Colorado. Para la localización de la sección, véase la Lámina 1. Escala vertical igual que la horizontal.

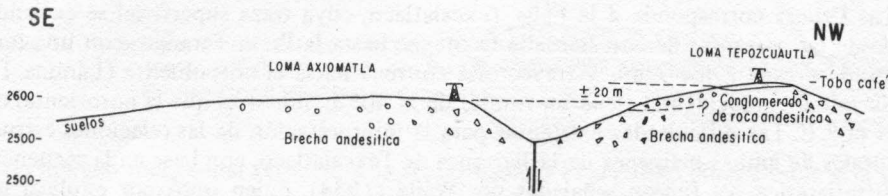


Figura 17. Sección a través de las lomas Tepozcuautila y Axiomatla, que muestra las relaciones de las unidades litológicas en ambos lados del tramo suroccidental de la Falla Puente Colorado. Para la localización de la sección, véase la Lámina 1. Escala vertical igual que la horizontal.

La conservación de las tobas recientes (?) en el área de Puerta Grande en el bloque noroccidental de la falla (Figura 16) y la presencia de conglomerado y toba en la parte superior de la Loma Tepozcuautila (Figura 17) pudieran indicar que el bloque hundido de la Falla Puente Colorado está en el norponiente, ya que la brecha andesítica que conforma la Loma Axiomatla es una unidad litológica anterior al conglomerado y la toba. Se desconoce la magnitud del desplazamiento vertical aparente. La falla oblicua, que desplaza a la falla principal, tiene un rumbo de $N 90^\circ E$ y su bloque hundido está en el sur; pudiera implicar un desplazamiento ver-

tical aparente de unos 20 m (Figura 18), aunque podría ser el efecto de una pendiente suave hacia el sur-surponiente (Dr. Fernando Ortega-Gutiérrez, comunicación personal). La información estratigráfica disponible sólo permite inferir que el desplazamiento a lo largo de la Falla Puente Colorado haya ocurrido en tiempos posteriores al depósito de la Formación Tarango y, posiblemente, después de la acumulación de las tobas cafés, que pudieran tener una edad cercana a los 100,000 años.

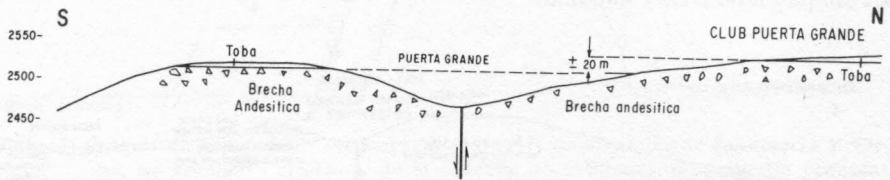


Figura 18. Sección a través de la falla oblicua que desplaza la Falla Puente Colorado, a la altura del Club Puerta Grande, que muestra las tobas en una posición inferior (unos 20 m) en el bloque meridional respecto al bloque septentrional. Para la localización de la sección, véase la Lámina 1. Escala vertical igual que la horizontal.

Falla Texcalatlaco. La penúltima estructura suroriental del Enjambre de fallas Las Cruces corresponde a la Falla Texcalatlaco, cuya traza superficial se extiende desde las cercanías de San Bernabé Ocotepéc hasta la Presa Tarango, con una longitud cercana a los 7 km y trayectoria convexa hacia el norponiente (Lámina 1). Su mitad suroccidental tiene un rumbo de $N 40^\circ E$, mientras que la nororiental de $N 60^\circ E$. Las dificultades existentes para la interpretación de las relaciones estructurales de ambos márgenes de la Barranca de Texcalatlaco, con base en la secuencia estratigráfica, ya fueron señaladas por Waitz (1934), quien optó por explicar las disimilitudes litológicas existentes en la margen noroccidental respecto a la suroriental mediante varias discordancias erosionales.

La sección levantada en el área de la Presa Tarango (Figura 19) muestra en la margen suroriental de la presa tobas pumíticas de aproximadamente 30 m de espesor, cubiertas por un intervalo de pómez de 2.0 m, seguida por 10 m de conglomerado que está cubierto por unos 15 m de toba café. En contraste, en la margen noroccidental aflora toba pumítica con lentes conglomeráticos. Si bien estas relaciones pudieran apoyar la presencia de una falla, no se puede establecer la naturaleza del desplazamiento aparente, a partir de las unidades litológicas.

La segunda sección que se levantó es la más suroccidental en la Barranca de Texcalatlaco (Figura 20) y se ubica a la altura del Puente Colorado.

En esta localidad existen dos rasgos que pudieran apoyar la presencia de una falla. El primero se refiere a la diferencia en la posición topográfica de la toba de



Figura 19. Sección a través de la Presa Tarango que muestra la litología en ambos lados de la Falla Texcalatlaco. 1= toba pumítica (30 m); 2= pómez (2.0 m); 3= conglomerado (10 m); 4= toba café (15 m). Para la localización de la sección, véase la Lámina 1. Escala vertical igual que la horizontal.

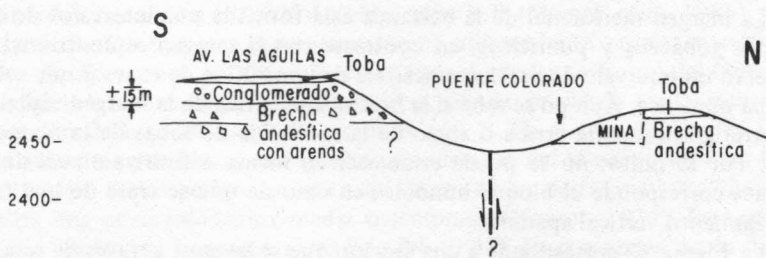


Figura 20. Sección a través del área de Puente Colorado, que muestra las relaciones de ambos lados de la Falla Texcalatlaco. Para la localización de la sección, véase la Lámina 1. Escala vertical igual que la horizontal.

la margen meridional respecto a la septentrional. El segundo corresponde a la presencia de un intervalo de conglomerado de unos 15 m de espesor en la margen meridional, debajo de la toba y encima de la brecha andesítica, en contraste con la ausencia de esto en la margen septentrional, donde la toba cubre directamente a la brecha andesítica.

Si toma como indicativo del desplazamiento vertical aparente el desnivel de la posición de las tobas entre ambas márgenes, entonces podría considerarse a la margen septentrional como correspondiente al bloque hundido de la falla. En cambio, si la toba es un depósito discordante sobre el conglomerado y la brecha andesítica, entonces el desplazamiento pudo haber ocurrido después de la acumulación de la brecha y conglomerado y haber sido seguido por un periodo de erosión antes de que la toba se llegase a acumular. En ese caso, el bloque hundido de la falla estaría en el lado meridional.

En la Figura 21 se muestran las relaciones encontradas aguas abajo de la sección anterior, a la altura de la Administración de Correos 129.

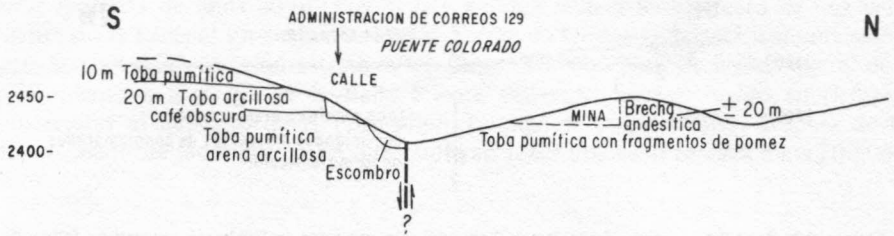


Figura 21. Sección a través de la Falla Texcalatlaco a la altura de la Administración de Correos 129, que muestra las relaciones de las unidades litológicas en ambos lados de la falla. Para la localización de la sección, véase la Lámina 1. Escala vertical igual que la horizontal.

La margen meridional de la barranca está formada por intervalos de diversos depósitos tobáceos y pumíticos, en contraste con la margen septentrional, donde se observó un intervalo de brecha andesítica de unos 20 m de espesor que sobreyace a la toba pumítica. Aún no se sabe si la brecha andesítica de la margen septentrional está estratigráficamente arriba o abajo de la secuencia de tobas de la margen meridional. Por lo tanto, no se puede establecer en forma definitiva a cuál de los dos márgenes corresponde el bloque hundido, en caso de que se trate de una falla con desplazamiento vertical aparente.

La Figura 22 corresponde a una sección que se levantó a través de esta barranca a la altura de la planta de asfalto, aguas arriba de la Presa Tarango. En esta área, el intervalo de la brecha andesítica de la margen suroriental está en una posición topográfica más baja que el de la margen noroccidental, lo que pudiera indicar que el bloque hundido de la falla está en el suroriente.

De las cuatro secciones levantadas a través de la Barranca de Texcalatlaco, sólo una (Figura 22) proporcionó datos confiables acerca de la presencia de la Falla Texcalatlaco y la de la naturaleza de su desplazamiento vertical aparente con el bloque hundido en el suroriente. Tomando en cuenta que las cuatro secciones abarcan un tramo de aproximadamente 4 km de longitud en esta barranca, se puede



Figura 22. Sección a través de la Falla Texcalatlaco, aguas arriba de la Presa Tarango, que muestra las relaciones de las unidades litológicas en ambos lados de la falla. Para la localización de la sección, véase la Lámina 1. Escala vertical igual que la horizontal.

constatar la disimilitud litológica existente en ambas márgenes, la cual debe explicarse mediante la presencia de una falla. El hecho de que en una sección el desplazamiento vertical aparente se manifieste mediante el bloque hundido en el suroriente y en otra con la geometría contraria, tiende a indicar que la Falla Texcalatlaco en realidad no es una falla de desplazamiento vertical sino lateral, como parece ser el caso de las demás fallas de este enjambre.

Falla Contreras. La falla más suroriental que fue incluida como una falla inferida en el Enjambre de fallas Las Cruces se localiza a lo largo del Río Magdalena, cuyo valle se conoce también como Barranca de Contreras. Fue Mooser (1975) quien señaló a esta estructura como una falla profunda de desplazamiento vertical con el bloque hundido en el suroriente, que se formó durante el Mioceno temprano. Asimismo, ese autor atribuyó a la amplia Barranca de Contreras (= Barranca del Río Magdalena) un origen glacial desarrollado durante los avances de la glaciación Illinois tardía, hace unos 170,000-100,000 años A.P. (Mooser *et al.*, 1986).

La Falla Contreras se presenta como un alineamiento prominente con longitud superficial de unos 13 km, que se extiende desde las cercanías del Cerro de Las Palmas hacia el nororiente hasta Contreras, donde se pierde en la zona urbana. La dirección de este alineamiento es de N 55° E. En el área del Cuarto Dinamo, afloran andesitas porfídicas que fueron consideradas del Mioceno superior (Mooser *et al.*, 1974) o como pertenecientes a las "bases de las sierras mayores" implicando para ellas una edad miocénica media o temprana (Mooser, 1975). Estas andesitas porfídicas tienen un contacto rectilíneo (N 40-45° E) con andesitas (o dacitas ?) densas y de grano fino que están al suroriente. Este contacto pudiera corresponder a una falla de desplazamiento vertical aparente con el bloque hundido en el suroriente, si se considera a estas andesitas densas más jóvenes que las andesitas porfídicas, correspondientes al Mioceno superior-Plioceno (Mooser *et al.*, 1974; Negendank *et al.*, 1981).

Aguas abajo en esta barranca, a la altura del Segundo Dinamo, en la margen suroriental se observó una pared vertical formada en andesitas densas, que tiene rumbo N 60° E. Esta pared forma el borde suroriental de la barranca y parece corresponder a una fractura de descompresión mayor que pudiera, aunque no necesariamente, reflejar la existencia de una falla a lo largo de este tramo del Río Magdalena.

Sin trabajos detallados adicionales, no se puede establecer la presencia de la Falla Contreras en forma definitiva. Mooser (1975) la consideró como un rasgo tectónico del Mioceno temprano, lo cual obviamente no puede ser el caso porque afecta a rocas del Mioceno superior-Plioceno.

LAS FALLAS DE LA SIERRA DE GUADALUPE

La geología de la Sierra de Guadalupe fue descrita por Lozano (1968) y estudiada con fines paleomagnéticos por Mooser y colaboradores (1974). Durante el

presente proyecto de investigación se examinó esta área en busca de rasgos estructurales que pudieran tener relación directa o indirecta con la estructura geológica de las partes centrales de la Cuenca de México en función de los daños originados por los sismos. De esta manera, se localizaron siete fallas de las cuales dos, la Falla de Tenayuca y la Falla Chiquihuite, son las mayores y muestran una alineación con las fallas Río Hondo e Hipódromo, respectivamente, pertenecientes al Enjambre de fallas Las Cruces.

Falla Tenayuca. La Falla Tenayuca se extiende desde el Cerro de Tenayuca hasta el Picacho El Fraile. Desde este último punto hacia el nororiente se infiere su traza por su expresión topográfica. El rumbo de esta falla es $N 40^\circ E$ y su desarrollo longitudinal es de unos 8 km. A lo largo de esta falla, el desplazamiento vertical aparente se manifiesta por la presencia de depósitos clásticos parecidos a la Formación Tarango en el bloque hundido suroriental, contra rocas volcánicas en el bloque noroccidental, que Mooser y colaboradores (1974) consideraron como "grupo Guadalupe" del Mioceno superior.

Falla Chiquihuite. Se puede seguir la traza de esta falla desde las cercanías de Ticomán hacia el nororiente, con una trayectoria ligeramente convexa hacia el norponiente, a través de toda la Sierra de Guadalupe, hasta Guadalupe Victoria. Su tramo meridional, coextenso con el Cerro Chiquihuite, tiene un rumbo $N 20^\circ E$ por una distancia de unos 2 km. Desde este punto hacia el nororiente, su rumbo es $N 40^\circ E$ con un desarrollo longitudinal de unos 12 km. A la altura de la cabecera de la Cañada de San Andrés, la Falla Chiquihuite tiene un ramal que se dirige hacia Ecatepec. El desplazamiento vertical aparente de esta falla se manifiesta por los efectos de arrastre (*drag*) en la andesita Chiquihuite del bloque suroriental levantado, contra brecha sedimentaria en el bloque noroccidental hundido (Figura 23), o

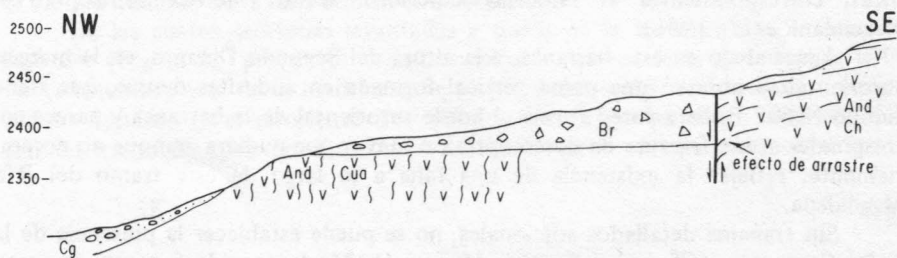


Figura 23. Sección a través de la parte meridional de la Sierra de Guadalupe a la altura de Cuauhtémoc Barrio Alto, mostrando las relaciones de las unidades litológicas en ambos lados de la Falla Chiquihuite. Br= brecha sedimentaria; Cg= conglomerado; And Cua= andesita Cuauhtémoc, silicificada y caolinizada; And Ch= andesita Chiquihuite. Para la localización de la sección, véase la Lámina 1. Escala vertical igual que la horizontal.

por rocas andesíticas y depósitos lahéricos inclinados del bloque noroccidental hundido, contra la andesita Chiquihuite (Figura 24).

Mooser y colaboradores (1974) consideraron la Falla Tenayuca y la Falla Chiquihuite como fallas que delimitan a una fosa tectónica, la fosa de Cuauhtepc. Los trabajos de campo efectuados durante el presente proyecto revelaron la presencia de, por lo menos, cinco fallas además de las dos mayores antes descritas (Lámina 1), localizadas entre la Falla Tenayuca y la Falla Chiquihuite. La relación geométrica entre estas fallas menores y las mayores es netamente escalonada (*en échelon*) y atestiguan un desplazamiento lateral siniestro en esta área, por lo que el desplazamiento vertical observado sólo es aparente, como en el caso de varias de las fallas que integran el Enjambre de fallas Las Cruces.

En relación con la edad del desplazamiento que ocurrió a lo largo de estas fallas, cabe señalar que no existen datos radiométricos sobre las rocas cortadas por estas mismas fallas. Desde luego, las rocas afectadas por fallamiento son considerablemente posteriores que las rocas terciarias fechadas como ~ 15 Ma (Mooser *et al.*, 1974). El hecho de que el cono cinerítico de Guadalupe Victoria, que es un rasgo volcánico cuaternario, se encuentre sobre la prolongación nororiental de la Falla Chiquihuite, permite inferir que la actividad de estas fallas en efecto sea muy reciente, por lo que podrían considerarse inclusive como fallas activas.

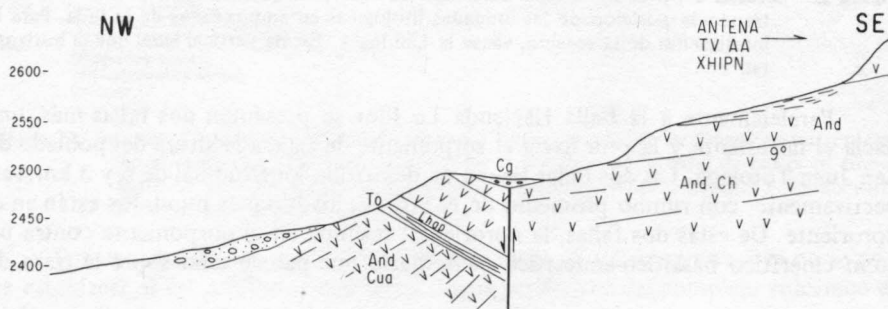


Figura 24. Sección a través del Cerro Chiquihuite a la altura de la antena de televisión, que muestra las relaciones en ambos lados de la Falla Chiquihuite. Cg= conglomerado; And Cua= andesita Cuauhtepc; And Ch= andesita Chiquihuite; Lhap= lahar con pómez; To= toba. Para la localización de la sección, véase la Lámina 1. Escala vertical igual que la horizontal.

LAS FALLAS DEL AREA DE TEPETLAOXTOC

El área de Tepetlaoxtoc fue investigada para localizar la continuación nororiental del Enjambre de fallas Las Cruces en la región limítrofe oriental de la Cuenca de México (Lámina 1). Las estructuras localizadas en esta área, contraria-

mente a lo esperado, tienen una orientación general NW-SE, rasgos estructurales que, en términos generales, no fueron encontrados en el borde occidental de la Cuenca.

En esta área se localizaron tres fallas, de las cuales la de mayor desarrollo longitudinal alcanza unos 11 km y corresponde a la Falla Hacienda La Flor. La trayectoria de esta falla es curvilínea convexa hacia el nororiente y su tramo occidental tiene un rumbo E-W, el central N 85° W y el suroriental N 50° W. La falla se manifiesta por la posición inclinada hacia el sur-suroriente de arenas azules cubiertas por arenas rosas y lahares andesíticos del bloque sur y suroccidental levantado, contra depósitos de la misma secuencia del bloque norte-nororiental hundido (Figuras 25 y 26; cf. Figura 11). Más hacia el suroriente, se deduce la presencia de esta falla por la posición estructural de las rocas en ambos lados de la misma (Figuras 27 y 28).

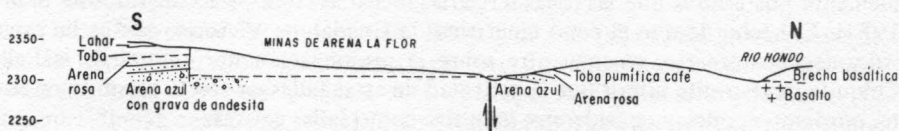


Figura 25. Sección a través de la Falla Hacienda La Flor al suroriente de Tepetlaoxtoc, mostrando la posición de las unidades litológicas en ambos lados de la falla. Para la localización de la sección, véase la Lámina 1. Escala vertical igual que la horizontal.

Paralelamente a la Falla Hacienda La Flor se presentan dos fallas más, una hacia el nororiente y la otra hacia el surponiente de ésta, a la altura del poblado de San Juan Totolapa. Las dos fallas tienen un desarrollo longitudinal de 6 y 3 km, respectivamente, con rumbo promedio de N 50° W; los bloques hundidos están en el nororiente. De estas dos fallas, la nororiental termina en el norponiente contra un cono cinerítico basáltico-andesítico cuaternario que parece estar sobre la traza de



Figura 26. Sección a través de la Falla Hacienda La Flor al suroriente de Tepetlaoxtoc, unos 1,500 m hacia el oriente de la sección de la Figura 25, que muestra las relaciones en ambos lados de la falla. Para la localización de la sección, véase la Lámina 1. Escala vertical igual que la horizontal.

esta falla, en cuyo caso pudiera implicar una relación genética entre el fallamiento y la actividad volcánica.



Figura 27. Sección a través de la Falla Hacienda La Flor al suroriente de Tepetlaoxtoc, cruzando el cauce del Río Acahuite y mostrando las relaciones en ambos lados de la falla. Para la localización de la sección, véase la Lámina 1. Escala vertical igual que la horizontal.



Figura 28. Sección a través de la Falla Hacienda La Flor al suroriente de Tepetlaoxtoc, cruzando el cauce del Río Atla y mostrando la posición estructural de tobas en ambos lados de la falla. Para la localización de la sección, véase la Lámina 1. Escala vertical igual que la horizontal.

Por otra parte, con los datos recabados hasta ahora sobre esta área no se puede establecer si estas fallas constituyen rasgos periféricos del complejo volcánico de la Sierra de Quetzaltepec o si son de origen tectónico. De cualquier manera, parece que la Falla Hacienda La Flor está truncada contra la proyección nororiental del Enjambre de fallas Las Cruces, en cuyo caso podría constituir un rasgo geológico anterior a este enjambre.

LAS FALLAS DEL AREA DE EL TEZOYO

El área de El Tezoyo se localiza al sur-suroriente de Coatepec y nororiente de Chalco (Lámina 1), en la región limítrofe suroriental de la Cuenca de México. El arreglo estructural de esta área es muy semejante al de la mitad meridional de la Sierra de Guadalupe, por la presencia de unas fallas mayores entre las cuales se presentan fallas menores con arreglo escalonado.

En esta área se localizaron cuatro fallas mayores, burdamente paralelas entre sí, cuyo rumbo general es N 70-75° E. La más meridional es la Falla Mirador, con desarrollo longitudinal de 10 km. La siguiente al norte es la Falla La Cañada, con 7 km de longitud. La tercera, también hacia el norte, es la Falla El Tezoyo con 5 km de longitud y, finalmente, la Falla El Olivar con 9 km de longitud. Estas fallas mayores muestran desplazamientos verticales aparentes, por la posición estructural y topográfica de las unidades litológicas en ambos lados de ellas. Al mismo tiempo, manifiestan efectos de arrastre lateral mediante el plegamiento ligero que se observa en algunos sitios (Figuras 29-31).

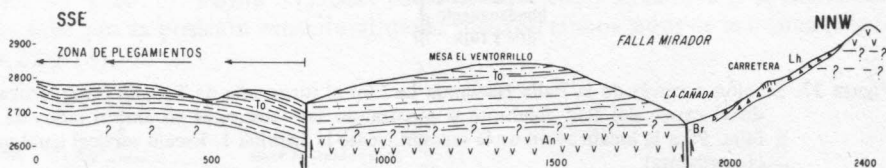


Figura 29. Sección a través de la Mesa El Ventorrillo, al poniente de General Avila Camacho, que muestra plegamiento y desplazamiento de tobas como resultado de arrastre producido por la Falla Mirador. Para la localización de la sección, véase la Lámina 1.

En el contexto del desplazamiento lateral cabe mencionar la presencia de siete fallas menores, relacionadas con la Falla Mirador y la Falla La Cañada, que tienen arreglo escalonado y atestiguan, tanto en este caso como en el de las fallas Tenayuca y Chiquihuite de la Sierra de Guadalupe, el desplazamiento lateral siniestro de estas fallas mayores.

En cuanto a las relaciones temporales del desplazamiento de estas fallas, cabe mencionar que las rocas afectadas son principalmente depósitos volcanoclásticos correlacionables con la Formación Tarango, a la que se considera del Pleistoceno; por lo tanto, la actividad tectónica debe haber sido más reciente que el Pleistoceno. Por otra parte, el cono volcánico, que constituye el Cerro El Tezoyo, es un

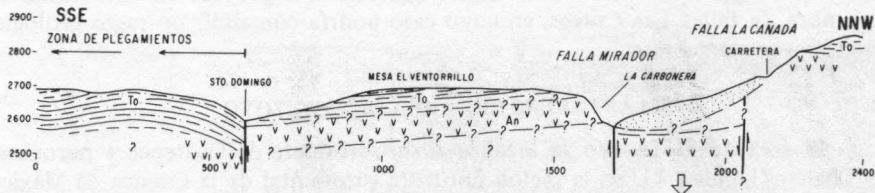


Figura 30. Sección a través de la Mesa El Ventorrillo, un kilómetro al poniente de la sección de la Figura 29, que muestra las relaciones en ambos lados de la Falla Mirador. Para la localización de la sección, véase la Lámina 1.

rasgo cuaternario anterior a la Formación Tacubaya (Bryan, 1948, p. 18) y se ubica sobre la Falla El Tezoyo, relación que permite inferir que estas fallas sean muy recientes.

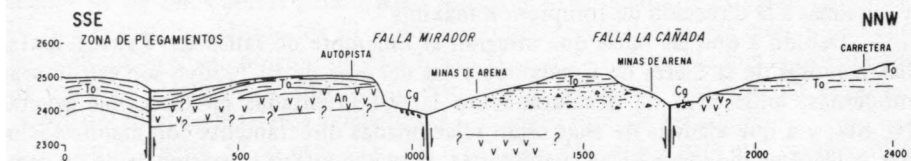


Figura 31. Sección a través de la Mesa El Ventorrillo, 3 km al poniente de la sección de la Figura 30, que muestra las relaciones en ambos lados de la Falla Mirador. Para la localización de la sección, véase la Lámina 1.

de México, están alineados de oriente a poniente reflejando el "Fracturamiento de los Grandes Volcanes", mientras que Demant (1978) concluyó que "el sistema de fracturas N 60° E-N 70° E, que se observa en la parte central y oriente del Eje Neovolcánico y sobre el cual se alinean los pequeños volcanes, son fallas normales y paralelas a la dirección de compresión máxima".

Debido a que las fallas que integran el Enjambre de fallas Las Cruces, las fallas mayores de la Sierra de Guadalupe y las del área de El Tezoyo son estructuras modernas, indicativas de desplazamiento lateral orientadas en dirección general NE-SW, y a que algunas de ellas están relacionadas directamente con manifestaciones volcánicas monogenéticas cuaternarias, se puede inferir la existencia de un campo de cizallamiento orientado también en dirección general NE-SW, relacionado con volcanismo. Si bien teóricamente el ascenso de material magmático requiere de espacio y las fracturas de cizallamiento son estructuras "cerradas", es necesario encontrar una explicación mecánicamente aceptable para los hechos observados en la Cuenca de México; es decir, fracturas de cizallamiento y manifestaciones volcánicas relacionadas.

Las fallas de desplazamiento lateral se pueden comparar con fallas verticales o fuertemente inclinadas que son fracturas de cizallamiento oblicuo; estas últimas, a su vez, con vetas que son fallas mineralizadas. En el caso de las vetas, la presencia de mineral implica que ha habido espacio a lo largo de la falla que permitió el ascenso y circulación de las soluciones mineralizantes de las que se precipitaron los minerales. Se sabe también que la cantidad de mineral no está distribuida de manera uniforme en una veta, sino que ésta se presenta a menudo en "clavos" y/o en pequeñas ramificaciones. Riedel (1929) y Cloos (1932) explicaron el desarrollo de estos rasgos mecánicamente como resultado de deformación rotacional que permite la formación de pequeñas fracturas de tensión en arreglo escalonado (*Fiederklüfte*).

En el contexto de la propagación de diques, utilizando el concepto del esfuerzo efectivo de Terzaghi en combinación con la teoría de ruptura de Griffith, recientemente Shaw (1980) enunció el concepto de la *fractura extensional de cizalleo* para explicar la orientación de esfuerzos tectónicos a partir de la estructura y distribución de volcanes de Alaska (Nakamura, 1977; Nakamura *et al.*, 1977) en relación con fallas activas de esa región (Brogan *et al.*, 1975).

Con estos antecedentes, en el presente proyecto se optó por retomar el análisis de la distribución de los conos volcánicos monogenéticos cuaternarios de la región de la Cuenca de México, con objeto de tener información adicional sobre su estructura. Esta decisión fue motivada fundamentalmente por el hecho de que en la región de la Cuenca, que es de unos 7,700 km², unos 2,600 km² corresponden a campos volcánicos monogenéticos, cuya geología hasta ahora ha sido tan solo esbozada. Así se conectaron dos o más conos monogenéticos, considerando al azimut de la línea dibujada como la orientación del esfuerzo tectónico principal que, a su vez, es paralela (o subparalela) a fracturas extensionales de cizalleo.

CAMPO VOLCANICO CHICHINAUTZIN

En este campo volcánico se pudo localizar, a partir de mapas topográficos y/o geológicos disponibles, un total de 132 conos monogenéticos. Se utilizaron solamente 91 de estos conos para dibujar líneas de orientación de esfuerzo tectónico, ya que la distribución de los 41 conos restantes ofreció demasiada inseguridad para la localización y orientación de esas líneas (Lámina 1); de modo que la orientación de esfuerzo tectónico se obtuvo en este campo volcánico con base en el 66 por ciento del total de los datos existentes (*i.e.* número total de los conos).

En la Figura 32 se presentan los resultados obtenidos para este campo volcánico en forma de histograma. De este histograma se desprende que existen más conos definiendo un mayor número de orientaciones en el cuadrante nororiental que en el cuadrante noroccidental. Esto significa un ligero predominio de esfuerzo tectónico de orientación N 55-75° E sobre el de orientación E-W y, desde luego, sobre el de orientación general NE (N 45° E).

Con los datos actualmente disponibles, es muy difícil ofrecer una explicación de la relación de estas orientaciones entre sí. La orientación N 55-75° E, por ser sensiblemente paralela a las fallas que integran el Enjambre de fallas Las Cruces, a las fallas mayores de la Sierra de Guadalupe y a las del área de El Tezoyo, pudiera estar genéticamente relacionada con éstas. Cabe señalar, sin embargo, que la aseveración de Mooser (1975, p. 37) en el sentido de que la orientación E-W de los conos de la Sierra de Chichinautzin y su relación con el "Fracturamiento de los Grandes Volcanes" amerita una reevaluación en vista de los datos presentados anteriormente.

CAMPO VOLCANICO TEZONTEPEC

De los 66 conos que fueron localizados en este campo volcánico, solamente se pudieron utilizar 54 conos para dibujar líneas de orientación de esfuerzo tectónico (Lámina 1), por lo que los resultados fueron obtenidos con base en 82 por ciento del total de los datos existentes. Esto significa que las orientaciones obtenidas en este campo volcánico, estadísticamente, son más significativas que las del campo volcánico Chichinautzin.

Los resultados obtenidos en este campo también se presentan en la Figura 32, donde la orientación de los esfuerzos tectónicos hacia N 35-45°E es contundente. Se considera a esta orientación preferencial como la continuación nororiental del Enjambre de fallas Las Cruces. Cabe destacar, que más allá del límite oriental del mapa (geológico-tectónico) (Lámina 1), también se identificó a esta misma orientación preferencial en la región comprendida por la Hoja Calpulalpan a la cienmilésima (Ledezma-Guerrero, 1985).

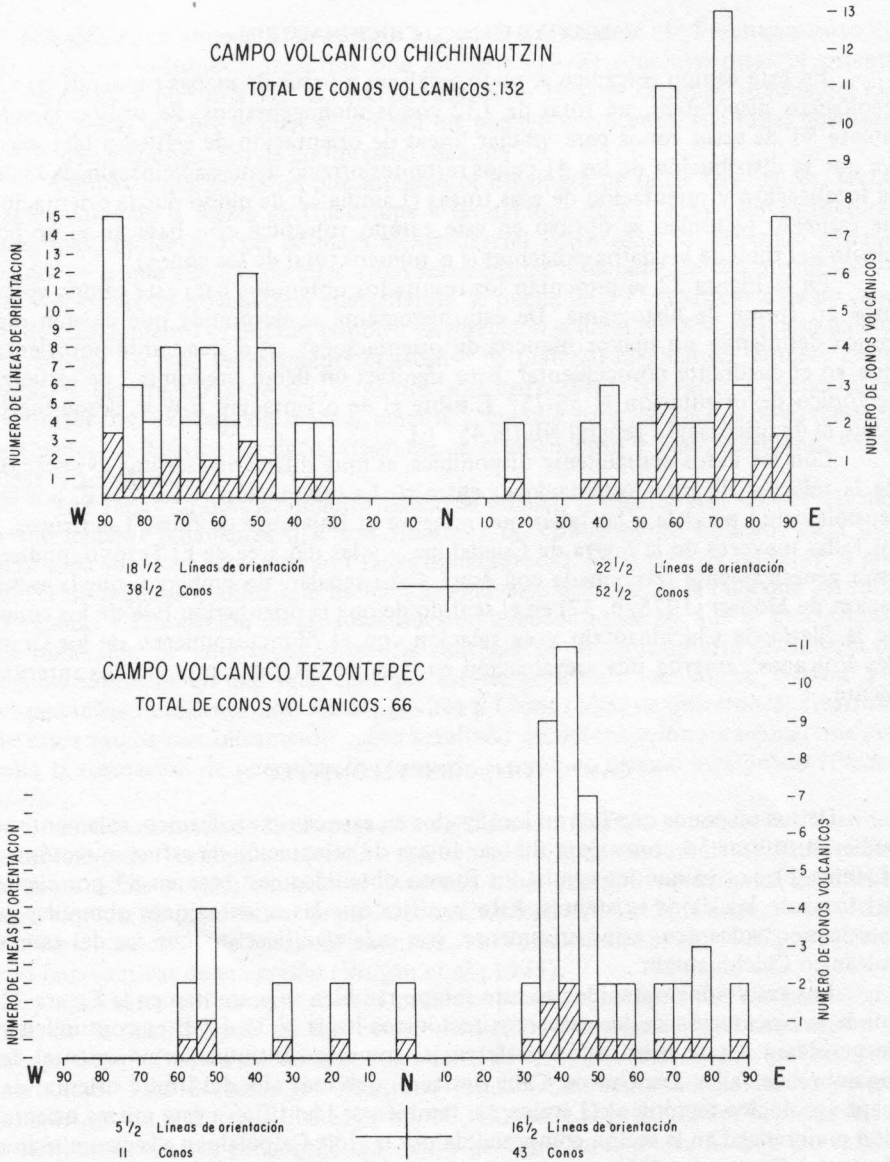


Figura 32. Histogramas que muestran el alineamiento de conos volcánicos monogenéticos cuaternarios (en blanco) y la orientación del esfuerzo tectónico principal (rayado diagonal) en los campos volcánicos Chichinautzin y Tezontepec (cf. Lámina 1).