

ORIENTACION PRELIMINAR DE ESFUERZO TECTONICO A PARTIR DE VOLCANES MONOGENETICOS CUATERNARIOS

Morfológicamente la Cuenca de México, comprendida burdamente entre los paralelos $19^{\circ}00'$ y $20^{\circ}00'$ N y meridianos $98^{\circ}40'$ y $99^{\circ}20'$ W, abarca una superficie cercana a los $7,700 \text{ km}^2$ (Lámina 1). En esta área se localizaron unos 200 volcanes monogenéticos cuaternarios, los cuales pudieran representar una densidad, si estuviesen distribuidos uniformemente sobre esta área, de un volcán por cada 38 km^2 . La realidad es que estos volcanes no están distribuidos uniformemente en toda la Cuenca, sino que están concentrados en tres áreas principales. La primera de éstas se localiza entre el límite meridional de la Ciudad de México y la latitud de la ciudad de Cuernavaca y corresponde al campo volcánico Chichinautzín; la segunda está hacia el nororiente de Teotihuacán y oriente-nororiente de Tizayuca y aquí se denomina campo volcánico Tezontepec, y la tercera comprende los volcanes de las partes meridionales del área del vaso de la Cuenca.

El primer intento en la parte centromeridional de México por utilizar la distribución de conos volcánicos como posibles indicadores de fracturas fue de Fries (1960, p. 155-159; lám. 3), quien al conectar varios conos volcánicos cuaternarios en la Sierra de Chichinautzín al sur del paralelo $19^{\circ}10'$ N (Lámina 1) obtuvo orientaciones preferenciales para posibles fracturas de $N 80-85^{\circ} E$. Aun cuando consideró estas posibles fracturas como fallas superficiales cortas, dispuestas en forma escalonada sobre fracturas más profundas de la corteza, atribuyó la dirección $N 80-85^{\circ} E$ a una de las direcciones de cizallamiento originadas a partir de una compresión activa en dirección $N 45^{\circ} E - S 45^{\circ} W$.

Más recientemente y sin que proporcionara mayores datos, Mooser (1975) aseveró que los conos cineríticos de la Sierra de Chichinautzín, al sur de la Ciudad

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).

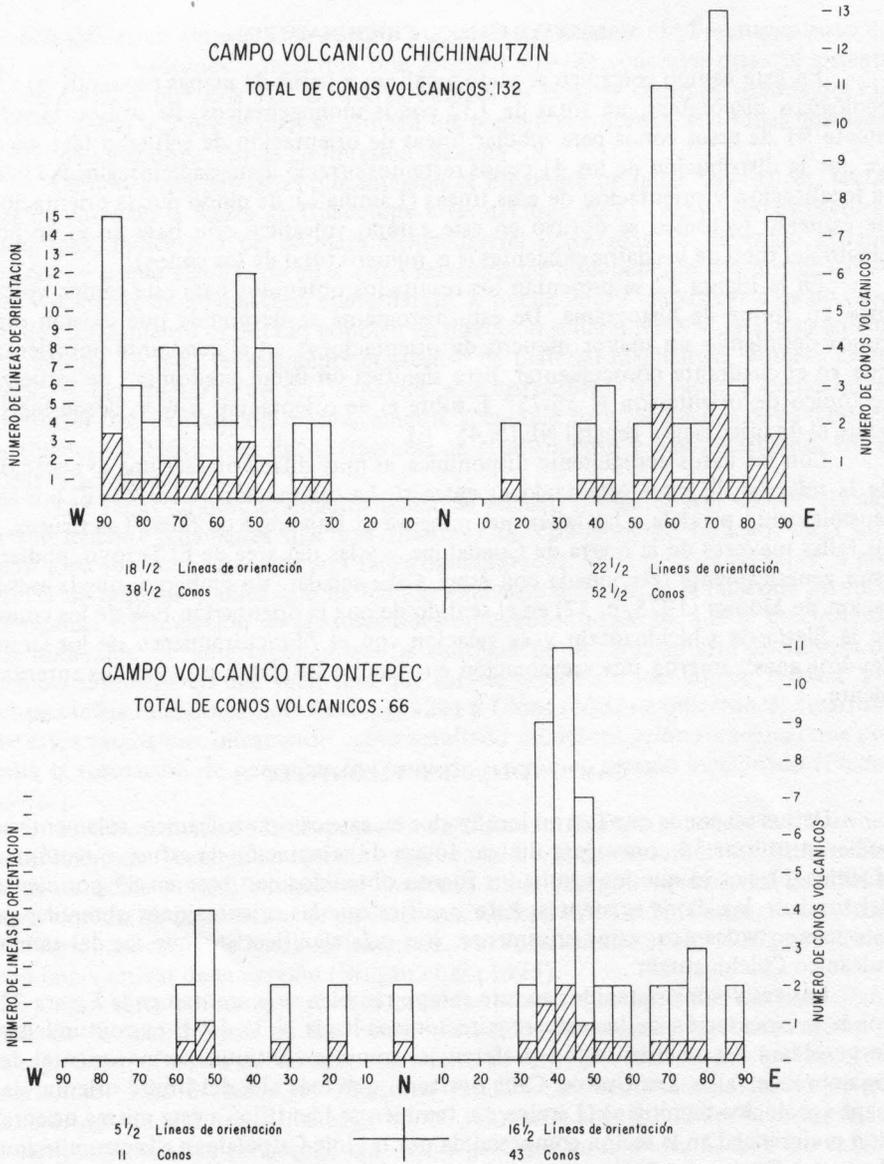


Figura 32. Histogramas que muestran el alineamiento de conos volcánicos monogenéticos cuaternarios (en blanco) y la orientación del esfuerzo tectónico principal (rayado diagonal) en los campos volcánicos Chichinautzin y Tezontepec (cf. Lámina 1).

CONOS VOLCANICOS EN LAS PARTES MERIDIONALES
DEL VASO DE LA CUENCA DE MEXICO

Existen unos 20 conos volcánicos monogenéticos cuaternarios en las partes meridionales del vaso de la Cuenca de México, que corresponden a los cerros de La Estrella, del Peñón Viejo, de Chimalhuacán, la cadena de volcanes que integra la Sierra de Santa Catarina y los cerros de Cuetlapanca, de Cocotitlán y Xico (Lámina 1).

De este conjunto de conos volcánicos, los cerros de La Estrella, del Peñón Viejo y de Chimalhuacán se ubican netamente sobre la traza de dos fallas inferidas a partir de los datos gravimétricos, de orientación N 50° E, que están asociadas aparentemente con actividad sísmica reciente (Lámina 1), por lo que se les pudiera considerar fallas activas.

Los siete conos volcánicos que integran la Sierra de Santa Catarina muestran una alineación general N 75-80° E y, por coincidencia, el más occidental (Cerro de San Nicolás) está ubicado sobre la misma falla inferida por gravimetría que el Cerro Chimalhuacán, mientras que los dos conos gemelos orientales (Cerro de Santa Catarina) de esta misma sierra sobre otra falla inferida por gravimetría, de orientación N 45° E, que se dirige hacia Topilejo (Lámina 1). La orientación N 75-80° E de los conos que integran la Sierra de Santa Catarina tiende a indicar que éstos se formaron sobre una fractura de tensión que se desarrolló por la deformación rotacional producida por las fallas orientadas NE-SW, de desplazamiento horizontal siniestro.

En el Cerro del Pino, al surponiente de Coatepec (Lámina 1), de los tres conos adventicios dos definen una orientación N 65° E con el cono principal. Esta orientación pudiera guardar una relación semejante a la de la Sierra de Santa Catarina con una falla orientada NE-SW. No obstante, los datos geológicos y gravimétricos no proporcionan información concluyente en esta área.

El Cerro Xico, al poniente de Chalco, con sus dos conos acusa una orientación de esfuerzo tectónico N 50° E y pudiera estar ubicado sobre una falla NE-SW que, por falta de estudios geológicos y geofísicos, hasta ahora no ha sido detectada.

Los dos conos que conforman el Cerro Cuetlapanca, inmediatamente al poniente de Coatepec, tiene una orientación de esfuerzo tectónico de N 35° W, mientras que los otros dos conos del Cerro Cocotitlán, al suroriente de Chalco, de N 5° W. Con los datos actualmente disponibles no se puede ofrecer una explicación congruente en cuanto a las relaciones que pudieran tener estas orientaciones de esfuerzo con el marco circundante observado.