

Los manantiales termales tienen la ventaja de su mayor abundancia y más amplia distribución y además su durabilidad es mayor ya que se pueden explotar sin forzarlos; pues su producción acuífera no necesita ser muy alta.

Entre los manantiales que presentan buenas perspectivas para su aplicación en la energía termoelectrica están en:

Jalisco: Laguna de Chapala, Agua Caliente de La Barca, de Zacoalco, de Ejutla, de Tamazula y de Tizapán, Atotonilco de Teocuitatlán y Hervor de Teuchitlán.

En Guanajuato: Ojo Grande de Atotonilco en San Miguel Allende, Cascabel y Atotonilquillo de Manuel Doblado, Lodos de Munguía de Irapuato, Hervidero de Apaseo, Caldera de Abasolo, Hervores de Huanímaro, Sotelo de Jaral de Progreso, Agua Caliente de Salvatierra, Moralityos de Celaya y Puroagüita de Jerécuaro.

En Hidalgo: Xindejé en Tasquillo, Ajacuba en Tetepango y Los Baños en Atotonilco Tula.

En México: El Bañito en Apasco, Los Baños en Chapa de Mota, Los Baños de Ixtlahuaca, Caro y San Bartolo de Jocotitlán, Salto en Valle de Bravo, San Pedro en Tenango del Valle, Anonas en Tejupilco y Barrón en Nicolás Romero.

En el Distrito Federal: El Peñón de los Baños.

En Tlaxcala: Atotonilco de Ixtacuixtla y Totolcingo de Cuapiaxtla.

En Puebla: Tlacomulco de Chignahuapan, Rancho Colorado y Paseo Azul de Puebla, Azufrutitla de Tianguismanalco, Atotonilco de Totimehuacán, Oxtotipan de Tepeaca, Alhuechica de Acatzingo, Hornos de Chiautla y Amatitlán de Albino Zertuche.

En Veracruz: Huizapan de Pajapan, Trinidad de Soconusco y El Carrizal de Axucoapan.

BIBLIOGRAFIA

1. *El campo de energía geotérmica de Pathé, Hidalgo*, por el Ing. Luis F. de Anda. Ingeniería, U.N.A.M. Vol. XXVII. Octubre de 1956.
2. *Phénomènes postparoxismiques du San Andrés*, por Paul Waitz. Guide des Excursions du Xe. Congrès Géologique International N° X. 1906. Mexique.
3. *Volcanismo Terciario y Reciente del Eje Volcánico de México. Excursión A-15*, por L. Blásquez L. XX Congreso Geológico Internacional, 1956. México.
4. *Ensayo Político de la Nueva España*, por Alejandro Von Humboldt. 1808.
5. *Los manantiales de Comanjilla, Gto.*, por Luis Blásquez L. Inst. Geol. de Méx. 1946 (inédito).

EL GRUPO VOLCANICO DE LAS TRES VIRGENES, MPIO. DE SANTA ROSALIA, TERRITORIO DE BAJA CALIFORNIA

Por los Ings. FEDERICO MOOSER y ARMANDO REYES LAGOS

EL GRUPO VOLCANICO DE LAS TRES VIRGENES

El grupo de volcanes denominado Las Tres Virgenes se sitúa a unos 20 Km. del Mar de Cortés, al noroeste de Santa Rosalía, B. C., en una región desértica y de escasa población. A la fecha ha sido muy poco estudiado.

Tres conos distintos, cada uno de morfología y características propias componen dicho grupo; quedan delineados, los tres, de noroeste a sureste.

El cono principal, notable por su gran altura (1,995 m.) y sus formas de relieve juvenil, tiene rasgos de un estrato-volcán; se sitúa en el sur del grupo, ofreciendo al viajero que transita la carretera de Santa Rosalía a San Ignacio, una vista imponente. De lejos, los costados de este cono son abruptos y casi regulares. Su cima, ancha e irregular, está compuesta por verdaderos cantiles y peñascos desgarrados, producto de la emisión de lava viscosa que surgió, probablemente, en el último cataclismo, reventando el cráter y el flanco noreste del volcán. Hacia el pie noreste escurrieron lavas basálticas bastante fluidas, emitidas en erupciones muy recientes; éstas sepultaron la base del cono central del grupo de Las Tres Virgenes. También al pie oriental y al pie meridional se extienden imponentes corrientes de lava basáltica que, debido a su formación reciente, forman un verdadero malpaís alrededor del volcán. A media altura sobre el costado sur y visible desde la carretera, se halla el resto de un pequeño como adventicio, del que surgió una corriente de lava sumamente viscosa, que apenas alcanzó la base del cono.

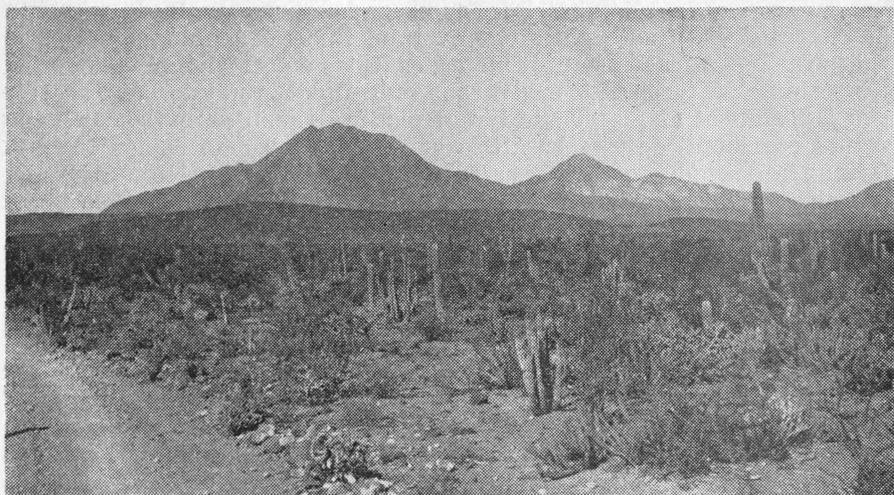
El cono central del grupo, de menor altura que el anteriormente descrito, posee la forma de una pirámide regular, que termina en punta. La erosión obró visiblemente en sus flancos, que se hallan surcados radialmente desde media altura. Sobre su costado oriental descansan grandes depósitos de ceniza volcánica, en los que la erosión obró, formando una red de finas digitaciones. La formación de este cono es decididamente anterior a la del cono meridional, arriba descrito, no pudiéndose reconocer

ningún cráter actualmente. Las lavas que componen este cono son andesíticas porfídicas, azules, conteniendo algo de cuarzo.

En el extremo noreste del grupo, se sitúa un cono escoriáceo, minúsculo, de muy reciente formación. Dicho cono se destruyó en su parte oriental, probablemente al surgir de su interior una corriente de lava viscosa, basáltica, que avanzó hacia la planicie situada al oeste del grupo de Las Tres Vírgenes.

Actividad volcánica. Los conos volcánicos del grupo de Las Tres Vírgenes se formaron en el Pleistoceno, manifestando erupciones aún en época reciente. Sus lavas descansan discordantemente sobre elementos de la formación volcánica Santa Rosalía, perteneciente al Pleistoceno inferior (según Wilson 1955). El aparato meridional es el único volcán que hizo erupción, en la Baja California, dentro de la época histórica. La erupción que ocurrió en 1746 parece ser definitiva, no siendo así la que se reporta del año 1857, durante la que se dicen haber sido observadas nubes de humo y vapor. En la expedición que realizó Juan José Matute a esta región, en el año 1887, este investigador no pudo observar actividad volcánica alguna. Desde entonces, hasta la fecha, este volcán ha permanecido inactivo.

Al noreste del cono cinerítico y próximo al borde de un cañón profundo en el que puede estudiarse una serie de depósitos volcánicos sumamente interesantes y múltiples estratos provenientes de nubes ardientes, se hallan fumarolas activas en las que se han formado insignificantes acumulaciones de azufre.



Volcán "Las Tres Vírgenes".

LOS VOLCANES DE COLIMA

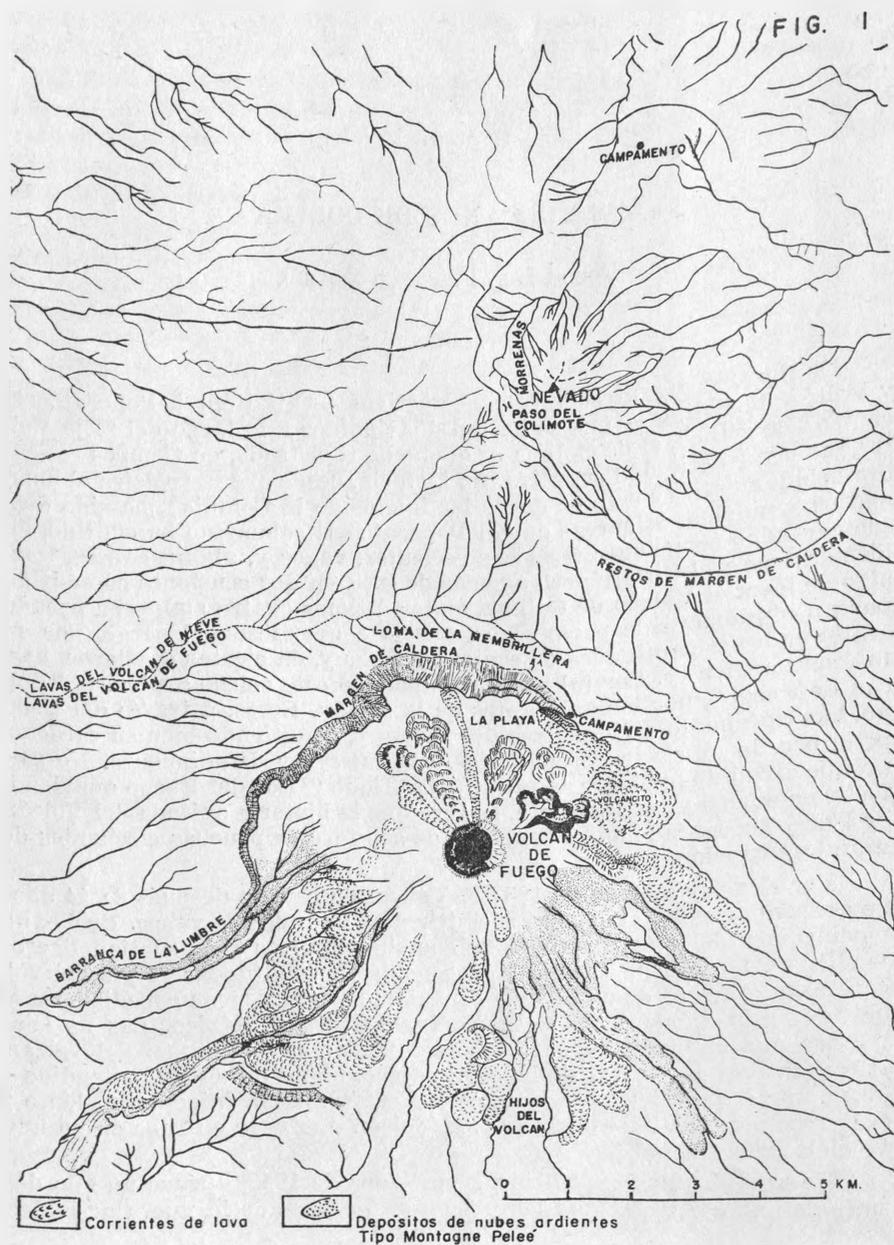
Por el Ing. FEDERICO MOOSER

INTRODUCCIÓN

De los tres gigantes volcanes activos —Citlaltépetl, Popocatepetl y Volcán de Colima— que se hallan distribuidos a lo largo del "Eje Volcánico Mexicano", el de Colima es el que ha registrado, en tiempos recientes, la mayor actividad eruptiva. Su historia, desde que la registra el hombre debidamente (y esto es desde los inicios de la Colonia), ha sido dramática y movida. Mientras que el Popocatepetl solamente ha emitido, en sus contadas erupciones freáticas recientes, vapor y, algunas veces, también cenizas y el Citlaltépetl, además de esto, en dos ocasiones ha emitido algo de lava, el Volcán de Colima, en los últimos cuatro siglos, ha pasado por un sinnúmero de paroxismos, que lo conmovieron al surgir por su cráter enormes cantidades de cenizas y lavas y, en ciertas ocasiones, hasta nubes ardientes. Por tal razón, es apodado este coloso explosivo, "Volcán de Fuego", por los habitantes de la región. Estos, a través del tiempo, han aprendido a vivir cerca del volcán y, conociendo bien su carácter peligroso, lo observan desconfiados, con interés y detenimiento. No sorprende oír que la palabra "Colima" signifique "Dios del Fuego que domina" y en el curso de este relato, se verá que la historia agitada del Volcán de Fuego ha labrado en el conjunto de sus formas pruebas elocuentes de grandes erupciones.

Por el mes de mayo de 1957 el Volcán de Fuego, después de 44 años de aparente quietud, comenzó a emitir densas nubes de vapor. En las inmediaciones del cráter se oían ruidos subterráneos y se sentían ligeros temblores. La alarma cundió en las poblaciones situadas al pie del volcán. Ante el temor de una nueva erupción, se organizaron expediciones al cráter desde Atenquique, Colima, Guadalajara y México. Las noticias traídas por los expedicionarios coincidían en que el tapón del volcán, anteriormente una masa de bloques negros, plana e inmóvil, extendida a 50 m. por debajo del labio inferior del cráter, había iniciado un lento y peligroso ascenso. No cabía duda: el Volcán de Fuego entraba en un nuevo ciclo de actividad.

Se organizó una expedición a mediados de 1958, apenas un año después de haberse registrado los primeros síntomas de la nueva actividad.



Croquis de la región en que se hallan los volcanes de Colima.

Bajo la dirección del Profr. F. Sobota, se reunieron varios investigadores en la ciudad de Colima, el día 10 de junio, por la tarde, estaban presentes el Sr. José Luis Lorenzo, glaciólogo dependiente del Instituto de Geofísica de la U.N.A.M.; el secretario particular del Gobernador del Estado de Colima, Profr. Manuel Velasco Murguía, el Profr. Anselmo Amézquita Galván, de Colima; dos jóvenes estudiantes del Instituto de Geografía de la Universidad de Guadalajara, el Sr. Oscar González Rul, fotógrafo de México; además, un topógrafo del Estado de Colima con dos cadeneros y el que esto escribe.

Todas estas personas formaron un grupo que fue recibido por el C. Gobernador del Estado de Colima, Ing. Arq. Rodolfo Chávez Carrillo, con quien se departió amigablemente, precisándose la importancia de la expedición al Volcán de Fuego, símbolo de la antigua y bella ciudad de Colima. El extenso programa que se pensaba realizar en el lapso de una semana, consistía: primero, en ascender al Volcán de Fuego e investigar el estado de su tapón y, después, en ascender al Volcán Nevado y reconocerlo para ver si en el pasado hubo glaciaciones de sus cumbres. El relato que sigue dará cuenta detallada de los resultados alcanzados con dicha expedición.

El día 11 de junio, por la mañana, partió el grupo expedicionario en tres vehículos de doble tracción, de Colima hacia Atenquique, centro de industria papelera. Aquí se unieron a la expedición dos señores conocedores de la zona volcánica de Colima, miembros del Club Alpino de Atenquique. Se pasaron los campos de labranza situados al pie oriental del Nevado: un camino maderero condujo a las alturas, atravesando densos bosques, hasta que, finalmente, al cabo de 2 horas de ascenso y a una altura de 3.120 m. (altímetro Thommen) el camino terminó en el borde de la caldera del Volcán de Fuego. Aquí, junto al pie noreste del cono activo, en un lugar pegado a la orilla de una corriente de lava derramada el siglo pasado por el llamado "Volcancito", se estableció el campamento, frente al volcán (Fig. 1), de cuyo cráter surgía continuamente, una impresionante columna de vapor.

Desde el campamento se efectuaron varios recorridos en los días 12 y 13 de junio, favorecidos por el buen tiempo, con destino al cráter del Volcán de Fuego, al Volcancito y a La Playa, situada esta última al pie septentrional del cono, en el interior de la caldera. Las múltiples observaciones realizadas en estos recorridos se describirán en los capítulos que siguen.

El día 14 de junio se levantó el campamento y todo el grupo se dirigió a Atenquique, para de allí pasar a Ciudad Guzmán, donde pernoctó. El día 15 se emprendió la subida al Nevado de Colima, por otro camino maderero, el cual, ascendiendo por los flancos más septentrionales del macizo, se abría paso a través de una vegetación selvática, sobre todo en las partes superiores, que cubría barrancas profundas. Al cabo de unos kilómetros de camino sinuoso, se llegó a La Joya* que, como se verá, se encuentra en el espacio interior formado por la caldera, que es parte de

* Barbarismo para hoya.

la extensa cumbre del Nevado (Fig. 3). Dicha caldera rodea la cúspide prominente por la que surgieron, quizá en el Pleistoceno medio, las últimas erupciones del hoy extinguido volcán. En el corazón de un bosque que ocupa un pequeño llano que se halla al pie de la cara septentrional del picacho, hay una casa en condiciones bastante malas, con un manantial situado a unos 100 m. de distancia de ella; aquí se estableció el campamento.

El día 16, bajo una llovizna continua, se inició el ascenso, subiendo rumbo al sur, por un valle angosto, que se prolonga hasta el pie poniente del picacho. Caminando casi todo el tiempo a través de un bosque de apariencia alpina, se alcanzó el "Paso del Colimote", sitio en el que la caldera se acerca más al pico del Nevado, sobre su pie suroeste. Durante este trayecto se encontraron rocas "aborregadas" y otros vestigios de glaciaciones pleistocénicas (descritas por el Sr. José Luis Lorenzo).

Del Paso del Colimote se podía haber visto el Volcán de Fuego, a distancia, como casi medio siglo antes lo hizo P. Waitz, por el peligro que entonces existía al acercarse al cono en erupción. Pero el mal tiempo impidió estas observaciones. A pesar del frío y la llovizna se continuó el ascenso girando hacia el este, entrando en las canaletas empinadas que bajan de la cima del Nevado. Otra hora más y se llegó a la cumbre del Nevado, a una altura de unos 4,200 m., pero la nublazón no permitió obtener gran provecho a esta hazaña alpinista.

Mojados y cansados se hizo el regreso al campamento, al anochecer. Al día siguiente, 17 de junio, habiéndose disipado algo el mal tiempo, se hizo el estudio de las huellas de glaciación y la investigación de la gran caldera situada en el lado occidental del volcán, descubriendo su carácter complejo. Se tomaron varias fotografías, se recolectaron muestras de distintas corrientes antiguas de lava, etc. La expedición concluyó el 18 de junio, regresando sus miembros a sus lugares de origen.

En los meses que siguieron se prepararon los manuscritos. Ante la extensa literatura descriptiva que trata del volcán de Colima, sin que existieran publicaciones especializadas con mapas y fotografías, salvo una (Ortiz Santos, 1944), se juzgó oportuno añadir fotografías y varios dibujos detallados. Los dibujos preparados por el artista Héctor Xavier, nacieron del estudio minucioso de las fotografías aéreas; representan de una manera inmediata, como no podría lograrse con palabras ni tampoco con la reproducción de las fotografías, los rasgos estructurales y morfológicos del Volcán de Fuego y del Nevado de Colima. El texto está acompañado por un mapa foto-geológico en el que aparecen los rasgos característicos de ambos macizos (Fig. 1).

HISTORIA GEOLOGICA DE LOS VOLCANES DE COLIMA

RESUMEN

El Nevado de Colima, volcán fuertemente erosionado, conserva en sus partes superiores los restos de dos sistemas de calderas de sumergencia.

El Volcán de Fuego, formado sobre los flancos meridionales del Ne-



Fig. 2. Vista de los dos volcanes desde el suroeste. Entre el margen de la caldera y los volcancitos baja la barranca de La Lumbre.



Fig. 3. Los volcanes de Colima vistos desde el poniente.

vado de Colima, ha pasado por una historia compleja, ya que cuenta con una extensa caldera de sumergencia. Se describe el estado del tapón en la fecha de la expedición, el cual, desde mayo de 1957, ha iniciado un lento ascenso dentro del cráter del Volcán de Fuego.

FORMA, ESTRUCTURA Y ORIGEN DEL VOLCAN DE COLIMA

El Volcán de Fuego forma la prominencia sur de una sierra volcánica que alcanza su mayor altura en el Nevado de Colima, un estratovolcán, complejo y fuertemente erosionado, que culmina, en forma abrupta, con un pico accidentado y agudo situado a unos 5 km. al norte (Figs. 2 y 3). De cúspide truncada y desgarrada, el Volcán de Fuego posee un contorno cónico ideal, de laderas muy pendientes, observándose que al noreste se descompone dicho contorno por la existencia de un cono adventicio (Fig. 4) conocido por el nombre del Volcancito. Consiste en un promontorio de forma irregular, que se halla a una distancia de unos 100 m. de la orilla del cráter. Sobre el costado meridional (Fig. 2) del Volcán de Fuego, dos pequeños domos y un conito escoriáceo, han formado tres elevaciones características en el límite inferior del cono, que casi coincide aquí con el límite superior de la vegetación arbórea. Las tres elevaciones son llamadas Los Hijos del Volcán.

El Volcán de Fuego mismo, se eleva dentro de una gran caldera, cuyos restos se pueden apreciar en forma de un semicírculo que se distingue claramente sobre el pie septentrional del cono (Fig. 3). Parte de esta caldera existe todavía al sur del cono volcánico (Fig. 1). El resto de su circunferencia ha sido inundado o rellenado, como sucede en las laderas orientales del volcán, o destruida por la erosión, como en el flanco occidental, por donde hoy desciende la gran barranca de La Lumbre, hacia la hacienda de San Antonio.

En el recorrido que se hizo por La Playa, al pie de la loma de La Membrillera (Fig. 1), llama especialmente la atención el desarrollo morfológico de la caldera, cuyos acantilados se elevan abruptamente al norte. Dollfus y Montserrat (1867) describen este anillo como un circo de rocas que rodea el cono superior del volcán, que se erige aislado. Paul Waitz (1906) lo interpreta como el margen de un *maar* (caldera de explosión) en cuyo centro se formó posteriormente el Volcán de Fuego. Dicho investigador cree que la loma de La Membrillera es una parte del macizo del Nevado, que sufrió un levantamiento brusco de sus capas de corrientes andesíticas, en el sur, al formarse el Volcán de Fuego (Waitz, 1936, p. 366).

En una parte podía verse que las paredes de la caldera están constituidas por lavas andesíticas y brechas volcánicas, superpuestas normalmente e inclinadas al norte. Si hubieran sufrido un levantamiento repentino, por la actividad inicial del Volcán de Fuego, sus elementos aparecerían intensamente fracturados y dislocados, lo que no es el caso. Parece, por consiguiente, que el anillo que rodea el cono superior del volcán es el borde de una gran caldera de sumergencia.

Se pudo constatar que hay una diferencia marcada entre las formas



Fig. 4. Vista del Volcán de Fuego y el Volcancito desde el noroeste. También se reconoce el flanco meridional del Nevado y su contacto con el antiguo cono del Volcán de Fuego.

erosivas, de relativa madurez, que caracterizan el borde de la caldera en el noroeste y sus paredes del noreste, todavía lisas y perpendiculares. Esto parece indicar que hay una diferencia de edad de formación, habiendo ocurrido con anterioridad los hundimientos en la parte occidental. En el estudio de las fotografías aéreas resalta el hecho interesante de que el borde de la caldera se compone de numerosos sectores menores e independientes, agrupados concéntricamente y alineados (Fig. 1). Dichos sectores se formaron, sin duda, por hundimientos parciales causados por el vaciamiento periódico de una cámara magmática, probablemente dividida en varias subcámaras. En otras palabras, erupciones consecutivas originaron hundimiento tras hundimiento. Así es como fue formándose, poco a poco, la gran caldera de sumergencia del Volcán de Fuego, hundiéndose primero la mitad occidental y, en fechas más recientes, la mitad oriental.

A la luz del conjunto de fenómenos, se reconoce que el volcán se estructuró a través de una compleja historia eruptiva. En los flancos erosionados del Nevado de Colima nació, probablemente durante el Pleistoceno superior, un volcán primitivo, cuyos restos quedaron conservados en el complejo de la caldera. Mientras que la chimenea de dicho aparato estuvo bien conectada con su cámara magmática, fue creciendo el volcán, erupción tras erupción, por el acumulamiento, en su cono, de lavas

y tobas. Llegado a esto, es indudable que habrá ocurrido lo que suele acaecer en la historia de casi todos los grandes volcanes; los conductos magmáticos entre la cámara magmática y cuerpos ígneos mayores, a gran profundidad, comenzaron a interrumpirse. A partir de entonces, el volcán primitivo ya no creció con cada erupción; al contrario, cada emisión causaba una pérdida de reservas y de volumen en la cámara magmática y se iba hundiendo el cono eruptivo, como se indica arriba, de manera desigual, ya que al comienzo se fue hundiendo la zona occidental y sólo en épocas más recientes la porción oriental. Así se formó y acentuó el gran anillo que rodea el cono superior del Volcán de Fuego. Sus paredes se elevan, en partes, a unos 150 m. por encima del nivel de La Playa, y su diámetro, en eje norte-sur, es de unos 3 km. El tamaño de la caldera refleja casi directamente la extensión de la cámara magmática que nutre al volcán probablemente desde poca profundidad.

Se puede suponer que si el actual proceso de erupción y hundimiento continúa, el cono del Volcán de Fuego se irá sumergiendo más y más en su caldera, hasta que las reservas ígneas de la cámara magmática estén exhaustas. Por otra parte, también podría ocurrir que algún nuevo impulso tectónico abriera las antiguas conexiones de la cámara magmática con el Sial o Sima, con lo que el volcán iniciaría un nuevo ciclo de construcción. Para ilustrar los cambios que puede sufrir un volcán a través de su larga vida, se anexa a este relato un dibujo del Ceboruco (Fig. 6). En el último episodio de su historia eruptiva, una fractura partió el cono, surgiendo varios pequeños conos escoriáceos a lo largo de su trayectoria.

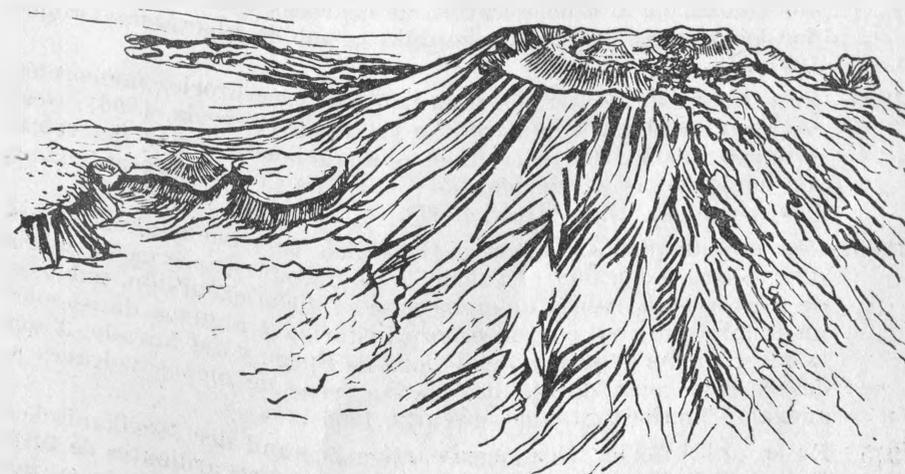
La altura del cono reciente del Volcán de Fuego sobre la base de la caldera es de cerca de 800 m., correspondiendo a una altura total de 3,960 m.s.n.m. La violencia de las erupciones ha impedido que dicho cono se cubra de vegetación, por lo que ofrece un aspecto árido y desolado (Fig. 4). Con esta parte contrasta la vegetación frondosa que envuelve los flancos inferiores del volcán y los costados externos de la caldera. En la estación invernal, el Nevado y a veces el Volcán de Fuego, llegan a ver sus cimas cubiertas de nieve.

HISTORIA DE LA ACTIVIDAD DEL VOLCAN DE COLIMA

Los informes que tratan de la actividad del Volcán de Colima son numerosísimos. Notables autores han dedicado obras voluminosas a la descripción y enumeración detallada de paroxismos, erupciones y explosiones en las que, a través de los siglos, se produjeron nubes ardientes, escorias, cenizas y vapores. No se cree oportuno ni necesario repetir tales relatos, excepto de manera condensada y en dos partes, cubriendo la primera el período de 1576 a 1912 y la segunda el de 1913 hasta la fecha. Para el lector que quiera estudiar las descripciones originales, se enumeran en seguida los autores principales, en orden cronológico y siempre haciendo alusión al contenido de su trabajo.



Fig. 5. Vista del Volcán de Fuego desde el Paso del Colimote, tomada el 17 de junio de 1958.



Hector Xanic
México 56

Fig. 6. El Volcán Ceboruco. Se distinguen las dos calderas de sumergencia.

1752. C. Pieschel ascendió al volcán por su lado noreste y al Nevado. Publicó las primeras observaciones científicas de ambos macizos (Pieschel, 1856).
1796. F. T. Sonnenschmidt intentó subir al cráter. Hizo valiosas observaciones científicas en el volcán (Sonnenschmidt, 1804).
1834. E. Harkort en compañía del pintor J. M. Rugendas, ascendió al cráter. Las pinturas del artista, cuatro de ellas reproducidas en el trabajo de P. Waitz de 1936, dan una idea del estado del volcán en aquel tiempo. El informe de Harkort ha desaparecido.
1856. Alexander von Humboldt, el gran naturalista, dio en sus "Viajes a la Nueva España" datos acerca del Volcán de Fuego, aunque no lo visitó él mismo. Después, en su obra maestra "Kosmos", recopiló todas las noticias acerca del volcán, llegadas a su conocimiento hasta 1856 (Humboldt, 1867).
1866. A. Dollfus y E. de Montserrat visitaron el volcán y lo describieron con precisión. Proporcionaron las primeras mediciones altimétricas de valor (Dollfus y Montserrat, 1867).
1869. C. Sartorius describe la formación del Volcancito (Sartorius, 1871).
1872. K. de Chrustschoff describe la ceniza que emitió el volcán en ese año y da un relato de la erupción (Chrustschoff, 1887).
1887. M. Bárcena, a raíz de una expedición en la que no logró subir al cráter por la intensa actividad que éste tenía, publicó la reseña más completa del volcán hasta entonces (Bárcena, 1887).
1894. C. Aguilera y E. Ordóñez lograron subir únicamente a Los Hijos del Volcán. La alta temperatura de las rocas y la molestia causada por los vapores sulfurosos impidió la subida al cráter (Ordóñez, 1897).
1893. En este año J. M. Arreola organizó los observatorios meteorológicos y vulcanológicos de Zapotlán y Colima (Arreola, 1896). Desde entonces hasta 1905 se hicieron observaciones diarias del volcán. Así nacieron las Efemérides del Volcán de Colima, presentadas en 1906 por el Sr. Díaz (Díaz, 1906).
1906. Con ocasión del X Congreso Geológico Internacional, P. Waitz dirigió una excursión al volcán. Como bosquejo acerca de lo que de vulcanología habría de observarse en dicha excursión, publicó un folleto que contiene un esbozo histórico y algunos datos sobre la constitución geológica del Volcán de Fuego y del Nevado. A una descripción corta de algunas de las rocas de ambos volcanes se anexan 7 análisis químicos (Waitz, 1906).
1915. En su publicación "Der gegenwärtige Zustand der Mexikanischen Vulkane" P. Waitz describe la erupción de nubes ardientes de 1913, que él presenció en su última fase. (Waitz, 1915a). En la misma fecha Waitz escribe otro artículo, en alemán, en el que comprueba que el Ceboruco y el Jorullo también produjeron nubes ardientes,

como el Volcán de Colima (Waitz, 1915b). En 1920 apareció un trabajo del mismo autor sobre nubes ardientes observadas en las erupciones del Jorullo (1759), Ceboruco (1870) y Colima (1913) (Waitz, 1920).

1922. E. Friedländer ascendió al cráter. Dio a conocer sus observaciones en un trabajo publicado en 1930 (Friedländer, 1930).
1932. M. Zehle describe sus observaciones del cráter durante las expediciones al volcán de 1930 y 1931 (Zehle, 1932).

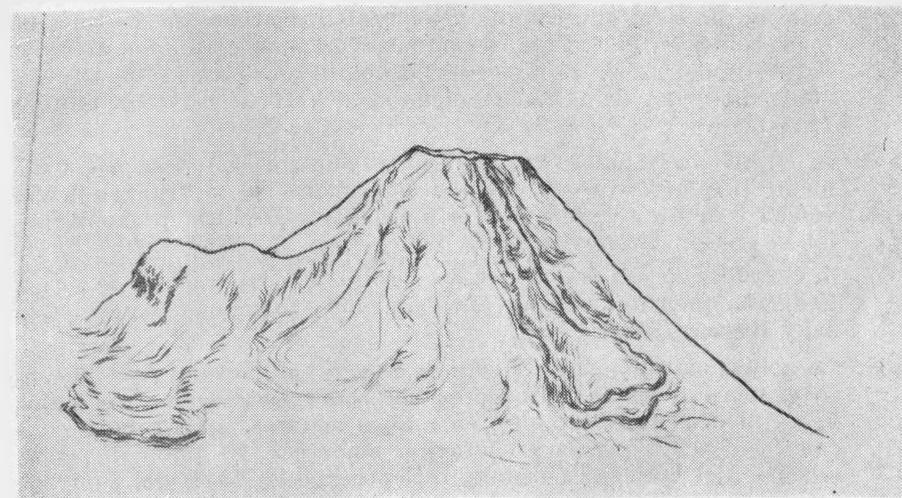


Fig. 7. El Volcán de Fuego en 1906, visto desde la loma de la Membrillera.

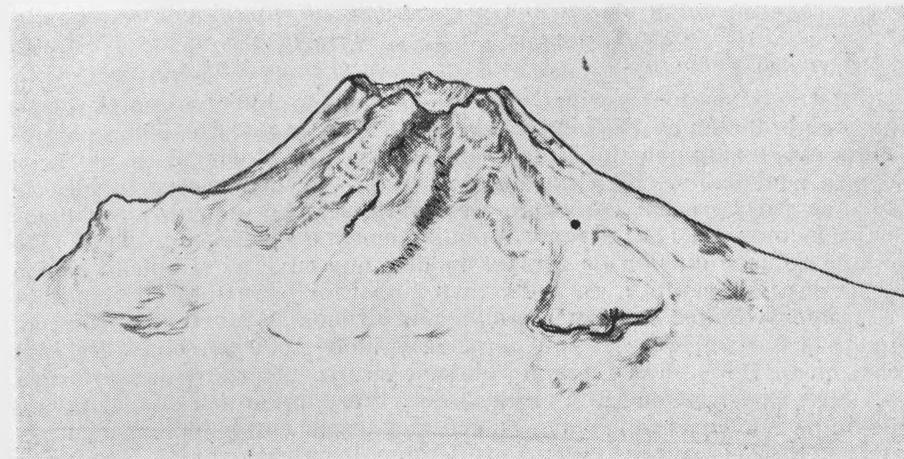


Fig. 8. Vista del Volcán de Fuego, después de la erupción de 1913.

1932. P. Waitz presenta su trabajo: "Bibliografía del Volcán de Colima", en la Sociedad Científica Antonio Alzate. Hasta la fecha es la obra más completa que existe del volcán, conteniendo una enorme riqueza de datos e interpretaciones de gran interés (Waitz, 1936).
1941. La Compañía Mexicana de Aerofoto efectuó una triangulación geodésica, de segundo orden, para el control fotográfico del mosaico aéreo que formó de la zona volcánica de Colima. Durante los vuelos se tomaron magníficas fotografías aéreas oblicuas.
1944. G. Ortiz Santos dirigió en 1943 la expedición geodésica en el Estado de Jalisco, que completó los trabajos hechos en la zona de los volcanes en 1941. Publicó una pequeña monografía con extensos datos topográficos y numerosas fotografías aéreas oblicuas, así como un mapa de la zona volcánica a 1:100,000 (Ortiz Santos, 1944).
1952. A. H. Sosa ascendió al cráter desde el sureste. En un relato sumamente pintoresco proporciona descripciones de la vegetación del volcán y de los acontecimientos históricos ocurridos en sus alrededores (Sosa, 1952).
1957. J. González Reyna describe el desarrollo de la nueva fase de actividad en la que había entrado el volcán en mayo del mismo año (González Reyna, 1958).
1958. La actual expedición al Volcán de Fuego y al Nevado tuvo la ventaja, sobre todas las anteriores, de poder ascender en vehículos hasta alturas considerables, en ambos macizos, aprovechando los caminos hechos por la explotación maderera. Se pudo disponer, además, del material aerofotográfico hecho en 1941, del cual, las fotografías oblicuas, revelan con claridad, relaciones estructurales ignoradas hasta la fecha.

a) *Actividad volcánica 1576-1912*

Los registros más antiguos de que se dispone, indican que el volcán estuvo en erupción en 1576, causando notables estragos. En 1590, se observó una extraordinaria lluvia de ceniza y, en 1611, el día 15 de abril, en violenta convulsión, el Volcán de Colima arrojó grandes cantidades de arena, ceniza y escoria (probable erupción peleana) que cubrieron todos los alrededores. En 1749 se reporta una supuesta erupción, seguida en 1770 por una enorme efusión de ceniza. Se dice que en 1795 el volcán arrojó escoria incandescente y, en 1806, tuvo lugar un terremoto en Zapotlán el Grande (Ciudad Guzmán), población situada al norte del Nevado. Se estimó que en esta ocasión perecieron unas 2,000 personas. De esta fecha, hasta 1808, parece que el volcán mantuvo una actividad eruptiva constante. Otra vez, en 1818, el día 5 de febrero, hubo una erupción, con emisión de inmensas cantidades de ceniza y arena (probable erupción peleana). Algunas cenizas fueron llevadas por los vientos hasta Guanajuato y San Luis Potosí.

Por lo visto, después de esta última explosión, el volcán permaneció inactivo durante unos 50 años. Entretanto, se levantó más y más lava nueva, dentro de la chimenea, hasta que en 1869 entró en otra época de actividad. En vez de salir lava por el cráter se escapó lateralmente, por el flanco noreste del cono, formando el domo del Volcancito (Fig. 4). De él se desprendieron abundantes cantidades de lava, que fueron rellenando el espacio nororiental de la caldera, hasta ocultar su extensión al este del cono.

Después del paroxismo de 1869, el volcán entró en una época de calma relativa, que duró hasta el 26 de febrero de 1872, fecha en que comenzó una nueva serie de erupciones notables. Estas se efectuaron por el cráter principal. En 1880 aumentó la actividad, reportándose que, en 1885 corría por las faldas del cono cantidades apreciables de arena candente; continuó la actividad durante 1894 y, después, fue disminuyendo, pero en 1896 ganó nueva fuerza, alcanzando su grado máximo entre 1899 y 1903.

Para fines de este año, quedó tapado el cráter con un domo de lava que anteriormente (Arreola, 1903) se había derramado por el costado noreste. El 18 de diciembre de 1908, el volcán entró en un corto período de actividad, que se inició con una erupción de cenizas y, en 1909, una pequeña explosión freática abrió dos cavidades en el tapón del volcán. Desde entonces hasta inicios de 1913, permaneció inactivo y en estado fumarólico muy reducido (Fig. 7).

b) *Actividad volcánica 1913-1958*

En 1913 el Volcán de Fuego presentó su última erupción. Esta fue repentina, violenta y de muy corta duración. El día 20 de enero, después de meses de calma absoluta, empezó a desintegrarse el tapón volcánico. Lo que había sido lava viscosa, cargada de vapor, reventó súbitamente y fue arrojada al exterior. Así se produjo la emisión de nubes ardientes, que descendieron por las laderas del volcán, tal como las describe P. Waitz:

"Una vez destapado el embudo, se formaron en él densas nubes de arena fina y caliente, que hirviendo a borbotones se deslizaron entre los dientes y picos del nuevo borde, para correr en seguida, con fuerza irresistible, radialmente, por los flancos del volcán, hacia su pie, encajonándose en su camino por las barrancas de las faldas y llegando por el fondo de ellas, hasta una distancia de 8 km. del cráter, en algunos lugares" (Waitz, 1920: p. 275).

La fuerza de estas emisiones explosivas (erupciones peleanas) fue considerable, por lo que, al cabo de pocos días, lo que había sido un cráter redondo, con labios bien formados, quedó transformado en un boquerón desgarrado (Fig. 8). La última pequeña nube ardiente fue emitida el día 24 de enero, apenas 4 días después del comienzo de la erupción. La emisión de lapilli duró, sin embargo, algunos días más y la de vapor y gases se extendió hasta fines del mes, terminando entonces la actividad.



Fig. 9. El Volcán de Fuego y su tapón en 1941, visto desde el sureste.

Fig. 10. Vista panorámica del tapón en el interior del cráter del Volcán de Fuego tomada desde el margen del labio norte el día 12 de junio de 1958.

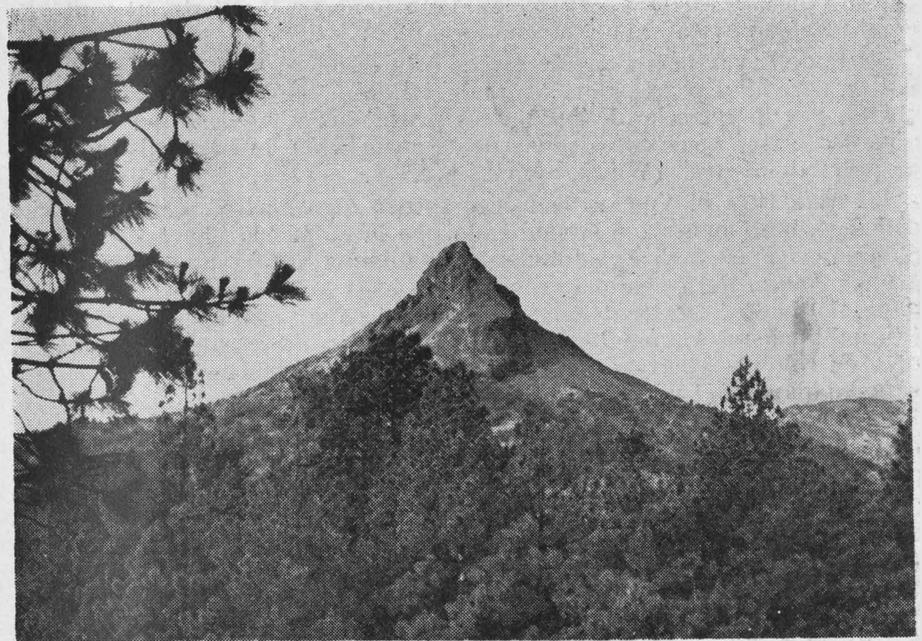
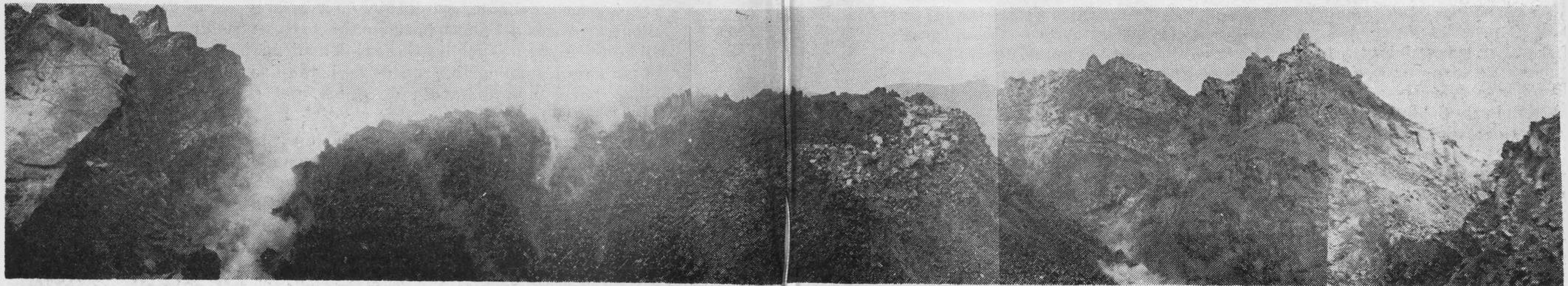


Fig. 11. El picacho del Nevado visto desde el norte.

Quedó el cráter vacío, aparentemente sin fondo, y P. Waitz, al visitarlo en el mes de noviembre del mismo año, dice:

“Pude llegar hasta el cráter y en esta fecha ya no hubo ninguna señal de actividad perceptible. No pude alcanzar con la vista el fondo del cráter, por lo estrecho de sus partes profundas y, además, por estar el aire del cráter opacado, a causa de la suspensión de partículas finas o de polvo de azufre” (Waitz, op. cit., p. 275).

Desde 1914 el Volcán de Fuego estuvo algo activo, pero poco; sin embargo, lentamente fue ascendiendo por la chimenea nueva lava, libre de gases. En 1922 E. Friedländer (Friedländer, 1930) pudo observarla a unos 300 m. del borde del cráter. Para 1931 la lava se hallaba a unos 50 m. del borde inferior del cráter, formando una masa negra, manchada con sublimaciones amarillas de azufre. Estaba abovedada, como un vidrio de reloj, y atravesada por innumerables grietas de las que salían vapores blancos (Zehle, 1932).

Desde esta fecha hasta el mes de abril de 1957, ya no sufrió el tapón movimiento alguno, estando su lava desde entonces, absolutamente petrificada. Únicamente se desintegró el tapón por enfriamiento y contracción, transformándose en una masa de bloques como lo muestran las fotografías aéreas tomadas por la Cía. Mexicana de Aerofoto en 1941 (Fig. 9) y, mejor todavía, las que en 1951 tomó A. H. Sosa (Sosa, 1952) desde el borde septentrional del cráter. Para el 10 de mayo de 1951 este autor anota:

“La bóveda ya no existe. Queda en su lugar un lecho pedregoso negro, plano, a unos 50 m. de profundidad” (Sosa, op. cit., p. 218).

Fue el 14 de mayo de 1957 el día en que se inició, sin manifestaciones notables, una nueva fase de actividad en el Volcán de Colima; desde la ciudad del mismo nombre, los habitantes notaron la formación de nubes de vapor encima del cráter y, a partir de entonces comenzó, lento y sin que fuera directamente perceptible, el movimiento de ascenso del tapón del cráter continuándose hasta la fecha de nuestra visita.

Se pudo escalar el cono del Volcán de Fuego por su ladera septentrional. Abandonando la frondosa vegetación del espacio externo de la caldera, se pasó primero, por encima de las corrientes lávicas, al pie del Volcancito. Entonces se alcanzó, bajando algo, el espacio de La Playa, un arenal prácticamente desprovisto de vegetación, situado entre el cono, por el sur, y las abruptas paredes de la caldera, por el norte. Pasando por encima de lavas que constituyen bancos empinados y avanzando dificultosamente sobre cenizas, lapilli y capas de piedra pómez, se realizó en algo más de 2 horas, la subida de unos 800 m., hasta la hendidura del labio norte del cráter. La vista del interior del volcán fue asombrosa (Fig. 10). El enorme boquerón, cuyo diámetro ha sido estimado en unos 350 m., estaba ocupado por un gran domo, deforme y de costados abruptos, que se componía de bloques multiformes de lava petrificada. La cúspide del domo ya sobrepasaba en altura el nivel inferior del labio crateriano, en algunos metros, por lo que ya no se lograba ver allí el lado opuesto del cráter. Numerosas fumarolas emitían un flujo continuo de vapor; destacaban, en cuanto a su fuerza las fumarolas que emanaban

del contacto entre el tapón domificado y las casi verticales paredes del cráter. Algunas fumarolas emanaban de lo alto del tapón, en sus partes centrales. Además, había varias solfataras, reconocibles por los manchones amarillos de azufre, que rodeaban su boca. Por último, había algunas fumarolas, muy pocas, localizadas en las paredes del cráter. La gran cantidad de vapor que permeaba el tapón, había oxidado las rocas inmediatas, impartiendoles un color rojizo, que contrastaba con el negruzco de las paredes del cráter.

El fenómeno del tapón levantado y transformado en un montón de bloques, se explica por la presencia de una nueva lava líquida localizada en partes profundas de la chimenea y que empuja hacia arriba. El movimiento se desarrolla lentamente, pues en un año el tapón había subido unos 70 m., o sea unos 20 cm. por día. Mientras se observa el interior del cráter, no se percibe calor ni ruido de ninguna de las fumarolas. Sin embargo, durante la visita efectuada a este lugar, el silencio se interrumpía, de vez en cuando, por el ruido causado por el ligero derrumbe de bloques que se producían en el domo levantado. El fuerte viento que soplabá del oeste impedía que los vapores de las fumarolas alcanzaran nuestro punto de observación, por lo que tampoco se pudo percibir cualquier olor irritante.

FORMA Y ESTRUCTURA DEL NEVADO DE COLIMA

Este volcán extinguido (Fig. 11) ya fuertemente desgastado por la erosión, compite en dimensiones con los mayores de México. Hasta la fecha era muy poco conocido; escasos eran los que en el pasado lograban escalar sus cumbres, pues una selva casi impenetrable le defendía de la mayor parte de esos intentos. Es debido a la explotación de la madera que una red de caminos transitables fue abriéndose y conquistando las zonas elevadas de este volcán. Así fue posible que se lograra ascender, en vehículos de doble tracción, desde Ciudad Guzmán hasta el espacio elevado de La Joya (Fig. 12) en poco más de tres horas.

En la profunda barranca de Atenquique, al pie oriental del Nevado de Colima, se pudo apreciar series basales del gran cono. Consisten en gruesos depósitos de lahars y de cenizas, que deben haber descendido en forma de nubes ardientes y que son reconocibles ahora por los típicos horizontes rosados que presentan las superficies de tales cuerpos eruptivos. Las muestras que se colectaron son de andesitas de piroxenas y hornblenda en sus tipos más variados. Estas series de Atenquique hablan claramente de un pasado muy explosivo. No es posible definir su edad geológica, aunque la falta de dislocaciones induzca a asignarlas al Cuaternario.

Ascendiendo sobre el flanco septentrional del Nevado de Colima, rara vez se pudo observar un afloramiento de roca maciza, por la abundancia de capas de pómez, probablemente originadas durante las erupciones del Volcán de Fuego. La entrada al espacio de La Joya, que se efectúa a una altura de unos 3,200 m., está bien marcada, pues es un puerto por el que se penetra, después de abandonar el flanco del volcán, a una enorme

hondonada elevada y reclusa (Fig. 13). En su centro se eleva el pintoresco picacho. Fácil es reconocer en la gran hondonada la caldera del Nevado de Colima, aunque por consecuencia de la erosión sufrida, sus formas ya no estén bien conservadas. Sin embargo, se distinguen las paredes inclinadas y, a menudo abruptas, que en un gran semicírculo rodean a La Joya, por el oeste y por el norte. Después de una interrupción en el noreste, por donde desagua La Joya, dicho círculo se prolonga en el costado oriental y se pierde de vista en su continuación al sur, al desaparecer detrás del picacho. Con la ayuda de las fotografías aéreas es fácil reconocer el círculo de la caldera, sobre todo en su desarrollo alrededor del volcán. En el mapa adjunto (Fig. 1) y en los dibujos de Héctor Xavier (Figs. 3 y 13) se reproduce la gran extensión de dicho anillo. Pero, como se pudo descubrir por el estudio de las fotografías aéreas, no solamente existe una caldera, sino que también se llegan a diferenciar los vestigios de una segunda caldera, excéntrica con respecto a la primera y con restos bien conservados en los flancos poniente y sur del volcán. Las rocas colectadas al margen de la caldera interior son andesitas de piroxenas y hornblenda, de muy distintos tipos.

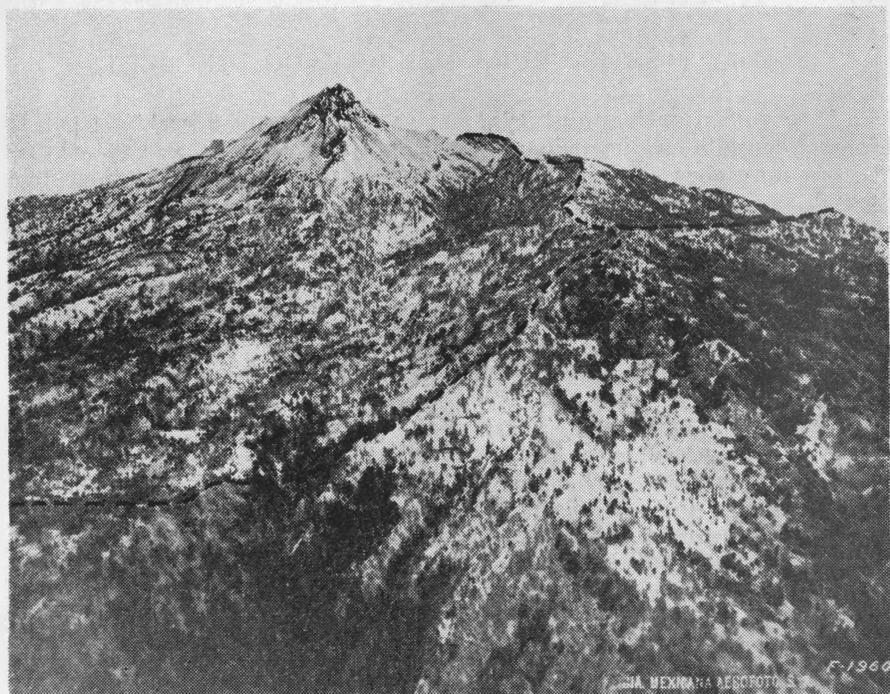


Fig. 12. La Joya y la cúspide del Nevado vistas desde el norte. En el valle situado a la derecha del picacho, se hallan los vestigios de las glaciaciones. Se reconocen las márgenes erosionadas de dos antiguas calderas de sumergencia.

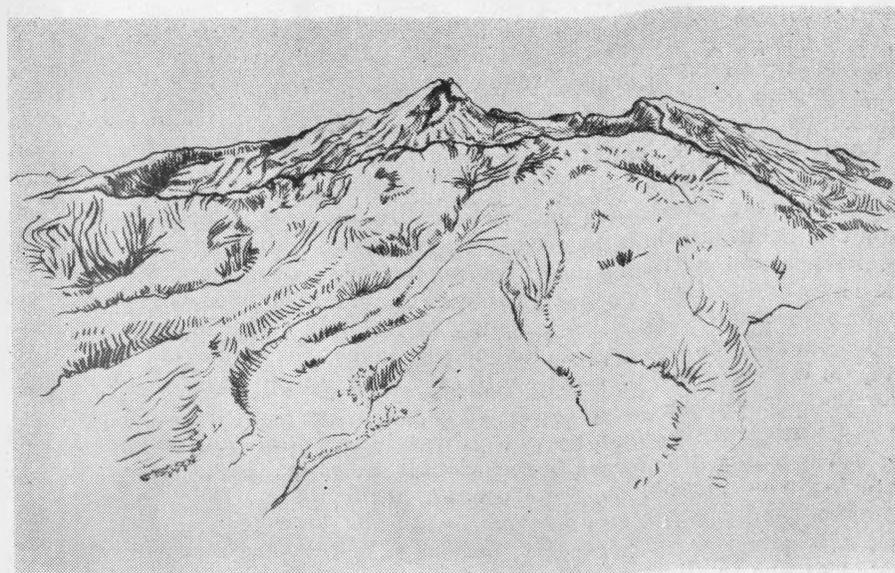


Fig. 13. Vista del Nevado desde el noroeste.

Faltó tiempo para analizar, aunque fuera superficialmente, estos enormes círculos de calderas. Sólo se pudo precisar su posición; pero su existencia indica que el Nevado de Colima pasó por una historia volcánica compleja, parecida a la del Ceboruco. El estudio de las fotografías aéreas hace sospechar que la caldera exterior fue la primera en formarse, ya que en el noroeste queda claramente interrumpida por el margen de la caldera interior (Figs. 1 y 12). El picacho representa parte del cono final, por el que emanaron las últimas lavas, que fueron de andesita de hornblenda e hiperstena. Aunque el tiempo durante el ascenso haya sido muy malo, se pudo ver que el picacho marca, principalmente, la parte oriental y la septentrional del antiguo cono, encontrándose estos segmentos en un estado muy avanzado de erosión.

Precisamente, entre el pie oeste del picacho y el margen de la caldera, en la extensión ocupada por el Paso del Colimote (Fig. 11) es donde nacieron glaciares en el Pleistoceno. Sus vestigios son de una época en la que la actividad del Nevado ya había cesado y la destrucción del picacho estaba muy avanzada.

SITUACION TECTONICA

Quedan situados el Nevado de Colima y su epígono, el Volcán de Fuego, ligeramente al norte del paralelo 19. Forman parte de la línea de grandes volcanes que constituye el "Eje Volcánico Mexicano". Humboldt (1867), hace un siglo, sospechó que ese alineamiento tan perfecto

de volcanes, obedecía a una fractura terrestre de primer orden, hipótesis que se comprobó definitivamente apenas hace unos cuatro años, al descubrir los oceanólogos la continuación submarina del mismo alineamiento, con centenares de volcanes, en el fondo del Océano Pacífico, desde Colima hasta las islas Revillagigedo y aún más lejos (Menard, 1955). A este alineamiento de volcanes sumergidos bajo las aguas del mar, se le ha dado el nombre de "Fracturamiento Clarión".

Por estar localizados los dos volcanes que aquí se describen, en esta zona de debilidad de la corteza terrestre, no sorprende que hayan podido mantener una actividad eruptiva prolongada y compleja. Sus reservas de lavas andesíticas son prácticamente inagotables, pues se renuevan con cada movimiento que sufre la zona Clarión. Las lavas, de características cálcico-alcalinas, son típicas de cuerpos ígneos derivados del Sial, es decir, de la masa cratónica del continente, que aquí debe alcanzar un espesor de unos 40 km.

Es interesante constatar que el Nevado de Colima y el Volcán de Fuego formen una línea casi perpendicular al gran "Fracturamiento Clarión". No es posible observar ningún accidente morfológico en el que pudiera fundamentarse la creencia de que los dos volcanes hayan surgido por una sola y misma fractura, oblicua a la fractura maestra. Más probable es que la distancia entre ambos volcanes (unos 7 km.) defina la anchura del "Fracturamiento Clarión", situándose los conos sobre fallas dirigidas de poniente a oriente. Aunque estas fallas no sean visibles, hay varios fenómenos que soportan esta teoría, indirectamente. Así se ve que al pie noroeste del Nevado existe un valle de bordes claramente marcados, el cual, viniendo desde el ONO, se pierde en la base septentrional del Nevado. Dos conos cineríticos perfectamente conservados, denominados Los Plátanos, ocupan la salida de dicho valle (Fig. 14).

Tanto este valle, que no tiene nada en común con otros de la región, como los dos conos tan recientes, sugieren la existencia de una marcada zona de debilidad, muy joven. En segundo lugar, conviene mencionar el derrame sub-reciente de lavas basálticas ocurrido en el cerro Apaxtépétl, en la planicie que queda en la base noreste del Nevado, cuyo cono cinerítico múltiple, marca, con sus varias bocas, una fractura dirigida de SSO a NNE. Se tiene además, un derrame lateral de lava viscosa que se verificó desde un domo localizado sobre el flanco noreste del Nevado y de este modo se verá que todos estos focos se sitúan, "grosso modo", sobre una línea dirigida de poniente a oriente y parecen reflejar una fractura paralela, al norte de la falla inferida para el Nevado.

Ante toda esta evidencia, aunque en lo individual sin relación aparente de un fenómeno con otro, se cree poder indicar situaciones paralelas en otras zonas volcánicas, que también se encuentran en la misma gran fractura del Eje Volcánico, tales como la región del Parícutín y la de Amecameca. En ambas pueden reconocerse dos alineamientos principales, que son: el primero y principal de O a E, paralelo a la zona de fracturamiento; el segundo, secundario y oblicuo, dirigido de SO a NE. Se ha podido comprobar que ambos alineamientos coinciden a menudo con fallas, so-

bre todo el primero. Así, los volcanes Popocatepétl e Iztaccíhuatl, distantes unos 20 km. uno de otro, marcan el ancho "Fracturamiento Clarión" al sureste de la ciudad de México y definen el paso de dos grandes fallas al sur y al norte de una fosa central. Regresando a la zona de Colima y haciendo uso de esta analogía, sería posible que el valle a que se hizo referencia, tan marcado, defina el paso de una fractura reciente, situada algunos kilómetros al norte de una falla más antigua, que causó la formación del Nevado. El Volcán de Fuego, por otra parte, parece haberse formado sobre una falla paralela que se extiende al sur. El Apaxtépétl, con sus varias bocas, marca el paso de una fractura secundaria, que se separa oblicuamente hacia el nor-noreste de una fractura principal.

El análisis tectónico arriba expuesto es muy aventurado, ya que faltan investigaciones más exactas en la zona volcánica de Colima. Sin embargo, sirve para poner en relación geodinámica y aparentemente ordenada, las distintas manifestaciones eruptivas de la región visitada, pudiéndose deducir que los grandes volcanes allí presentes, deben su origen a dos fallas principales, entre las que se ha ido formando una fosa.

Un fenómeno relacionado con movimientos tectónicos muy especiales, es el constituido por los Hijos del Volcán. No es difícil explicar tanto



Fig. 14. La barranca del Ojo de Agua, situada al pie noroeste del Nevado vista desde el oeste. Se reconocen dos conos escoriáceos de formación reciente.

su origen como su posición, relacionándolos con el hundimiento que originó la caldera del Volcán de Fuego. Las tres prominencias se sitúan sobre la continuación teórica de la falla circular que rodea al cono activo central. Así, según esta hipótesis, los Hijos del Volcán, se deben a movimientos tectónicos locales, internos.

Cabe por fin dilucidar la relación de los volcanes descritos, con los temblores que tan hondamente afectaron a la ciudad de Colima en 1933. Por situarse dicha ciudad al pie del Volcán de Fuego, fue natural se creyera que el terremoto se había originado en las entrañas del gran cono. Hoy se está en posesión de mejores conocimientos; el temblor tuvo su foco a una profundidad de unos 40 km. por debajo de la superficie y fue causado por movimientos de una zona de fracturamientos distinta a la que dio origen al Volcán de Fuego. Aquella zona se extiende al sur de la "Fractura Clarión" y corriendo desde San Blas, en las orillas del Océano Pacífico, hasta el Istmo de Tehuantepec, corta los Estados de Colima, Michoacán, Guerrero y Oaxaca. Los registros sísmológicos han logrado marcar con precisión el recorrido de esta zona de fracturas activas. Por otra parte, el megasismo del año 1806, que destruyó Zapotlán, coincide con un foco que en repetidas ocasiones ha conmovido aquella región al pie del Nevado. Su profundidad es de 60 kilómetros.

APENDICE

Con motivo de las alarmantes noticias que llegaron de las poblaciones localizadas en los contornos del Volcán de Fuego, originadas en falsas informaciones aparecidas en la prensa, el día 8 de marzo de 1960, se efectuó un vuelo sobre el cráter del volcán. Pudo observarse claramente que el tapón ha continuado su ascenso y ha rebasado la línea del borde del cráter en su sector norte, hasta el punto en que ha comenzado a desprender bloques por la ladera correspondiente.

Un día antes del vuelo, se hizo la ascensión, a pie, al volcán, hasta el borde del cráter. Como observación de interés se constató que no se registró ninguna elevación anormal en la temperatura general, como hubiera sucedido si la lava líquida se encontrara cercana. La actividad fumarólica tampoco era mayor que la existente en la visita de 1958.

En las circunstancias actuales, se presenta la posibilidad de un derrame de lava líquida, sea por el punto más bajo del cráter o por alguna de las grietas que abundan en sus paredes y en los flancos superiores del aparato volcánico, ya que la presencia de esta lava, en movimiento ascendente, es la que ha dado lugar, primero, a la fractura del antiguo piso del cráter y, luego, ya en la actualidad, al movimiento ascendente de todo el escombros.

BIBLIOGRAFIA

- ARREOLA, J. M. (1896) *El Volcán de Colima*, Bol. Mensual del Observatorio Central de México.
- (1903) *Las erupciones del Volcán de Colima en febrero y marzo del corriente año*, Guadalajara.
- BÁRCENA, M. (1887) *Informe sobre el estado actual del Volcán de Colima, México*, México.
- CHRUSTSCHOFF, K. DE (1887) *Ueber die eruption des Vulkans von Colima in Mexico in august, 1872*, Res. en Neues Jahrb. Min. Geol., p. 82.
- DÍAZ, S. (1906) *Efemérides del Volcán de Colima*, según observaciones practicadas en los observatorios de Zapotlán y Colima de 1893 a 1905. Compte rendu du Xème, Cong. Geol. Int. México, T. II, p. 763.
- DOLLFUS, A. y E. DE MONTSERRAT (1867) *Le Volcan du Colima*. Archives de la Commission Scientif. du Mexique, T. III, Paris.
- FRIEDLANDER, E. (1930) *Ueber die mexikanischen Vulkane Pico de Orizaba, Cerro de Tequila und Colima*. Zeitschr. Vulk., Bd. XIII, Berlin.
- GONZÁLEZ REYNA, J. (1958) *Erupción del Volcán de Fuego de Colima*. Abhandl. Deutsch. Akad. Wissensch. Jahrg. N. 1, Berlin.
- HUMBOLDT, ALEXANDER VON (1867) *Kosmos*, IV tomo, Paris.
- MENARD, H. W. (1955) *Deformation of the Northeastern Pacific Basin and the West Coast of North America*, G. S. A. Bull., Vol. 66, N° 9, pp. 1149-1198.
- ORDÓÑEZ, E. (1897) *Les Volcans de Colima et Ceboruco*. Mem. Soc. Cient. Antonio Alzate, T. XI, México.
- ORTIZ SANTOS, G. (1944) *La zona volcánica "Colima" del Estado de Jalisco*. Universidad de Guadalajara, Jalisco, México.
- PIESCHEL, C. (1856) *Der Vulkan von Colima*. Die Vulkane von Mexiko, Zeitschr. Allg. Erdkunde, Bd. VI, Berlin.
- SARTORIOUS, C. (1871) *Eruption of the Volcano in June, 1869*. The American Journ. of Science and Arts. 3rd. Serie, Vol. II, p. 381 y en Smithsonian Report, 1869, p. 423.
- SONNESCHMIDT, F. T. (1804) *Mineralogische Beschreibung der vorzüglichsten Bergwerks-Reviere von Mexico oder Neuspanien*. Schleich.
- SOSA, A. H. (1952) *Excursión al cráter del Volcán de Fuego de Colima*, Soc. Mex. Geogr. y Estad.
- WAITZ, P. (1906) *Le Volcan de Colima*, Guide des excursions du X Congrès Géologique Int. Mexique, Foll. XIII.
- (1915a) *Der gegenwärtige Zustand der Mexikanischen Vulkane und die letzte Eruption des Vulkans von Colima* (1913) Zeitschr. Vulk. Bd. I, Berlin.
- (1915b) *Absteigende Eruptionswolken bei den Ausbruechen des Jorullo (1759) und des Ceboruco (1870) in Mexiko*. Zeitschr. Vulk. Bd. II, Berlin.
- (1920) *Nubes ardientes observadas en las erupciones del Jorullo (1769), del Ceboruco (1870) y del Volcán de Colima (1913)*. Mem. Soc. Cient. Antonio Alzate, T. 37, México.
- (1936) *Datos históricos y bibliográficos acerca del Volcán de Colima*. Mem. Soc. Cient. Antonio Alzate, T. 53, México.
- ZEHLE, W. (1932) *Neue Quellkuppenbildung im Colimakrater*. Zeitschr. Vulk., Bd. XIV, Heft 3, Berlin.