

**OBSERVACIONES GEOLÓGICAS ACERCA
DEL PICO DE ORIZABA, (1)
por Paul Waitz.**

El Pico de Orizaba ó Citlaltepétl, es el volcán más alto de la República Mexicana y una de las montañas más altas de la América del Norte.

Célebre por su hermosísimo aspecto, tanto desde la costa del Golfo de México, como desde los puntos de la Mesa Central, en donde en muchas partes el viajero divide con sus ojos el Popocatepetl, el Iztaccihuatl, la Malintzin y el Citlaltepétl y aun en algunos lugares al mismo tiempo el Nahcampa-tepetl, el Volcán de Orizaba ha sido ascendido por un regular número de excursionistas. Menos frecuentemente lo han visitado viajeros científicos, sin embargo de que ya se hicieron excursiones para estudiar el volcán y sus faldas respecto á su fauna y flora y sobre todo respecto á su altura.

La ciencia geológica, que, como sería de esperarse, tendría más empeño en conocer este gigantesco volcán, no se ha ocupado mucho de él y entre algunos trabajos de menos importancia, podemos citar solamente el interesante estudio del Prof. Dannenberg (2), que nos proporciona en el texto y en fotografías importantes detalles del Citlaltepétl.

No es nuestro propósito dar en estas líneas, que tienen el sólo objeto de servir como una ligera guía en la excursión organizada por la Sociedad Geológica Mexicana, una monografía más ó menos completa del Volcán de Orizaba. Nos reservamos esto para más tarde, cuando nos haya sido posible conocer también otros lados del volcán. En estas líneas nos concretaremos á describir lo que la mencionada excursión observará en su ascensión por el lado Sur y, sin que entremos en una descripción minuciosa que al presentarse la ocasión durante nuestro ascenso se hará más clara con la palabra,

(1) Este trabajo sirvió de guía en la excursión organizada por la Sociedad Geológica Mexicana en Diciembre de 1910.

(2) Beobachtungen an einigen Vulkanen Mexikos.— *Verhandl. naturhist. Ver. Bonn.* 64. Jahrg. 1907, p. 97-133. Taf. II u. III.

á fijarnos á grandes rasgos en la tectónica del Volcán y de la Sierra Negra.

El pie occidental del Citlaltepétl, lo mismo que el de la vecina Sierra Negra, está cubierto por productos volcánicos que en parte fueron transportados por la erosión de los flancos de los dos volcanes, en parte fueron arrojados y depositados por volcanes pequeños que se encuentran en el amplio valle de San Andrés y cerca de él. Llamán nuestra atención entre estas últimas formaciones los conos de Tezontle con cráter que se levantan al Sur de la población de San Andrés, más aún los *Xalapascos ó cráteres de explosión* al pie del cono de la Sierra Negra y los al W. y NW. del Pico de Orizaba, de los cuales dió un estudio detallado Ordóñez en los *Parergones del Instituto Geológico Nacional*. (1)

Saliendo del pueblo de San Andrés, el camino al volcán principia á subir ya cerca de las últimas casas de la población por un escalón de terreno formado por depósitos de ceniza y detritus volcánicos estratificados. El echado de pocos grados hacia el Sur, indica que estos estratos anteriormente se prolongaban sobre el llano en que está situada la población. Los diferentes arroyos pequeños y varios grandes en el curso del tiempo han comido esta parte y han dejado el escalón mencionado detrás y á los lados de San Andrés Chalehicomula. (2)

Subiendo por este escalón llegamos á la meseta del Barrio de San Francisco, no sin observar antes que en las capas superiores de los depósitos volcánicos sedimentados, se interpone una corriente basáltica de algunos metros de espesor que debe haber tenido su origen en un lugar hoy no visible cerca del pie de la Sierra Negra.

Ya en el Barrio de San Francisco, mejor aún, saliendo de esta población y subiendo á una segunda meseta, la denominada de la Cruz Verde, encontramos el camino cortado en otras capas de productos volcánicos arenosos, ya en forma de capas de lapili blancos de piedra pómez, ya en forma de una marmaja fina obscura, ya, por

(1) Tomo I, núms. 9 y 10, 1905-1906.

(2) Según las indicaciones que me dió el Sr. D. Octaviano Contolenc, á quien estoy agradecido por la valiosa ayuda que me proporcionó en mi expedición al volcán que pertenece á él, Chalchicomula es una palabra alterada y debería escribirse Chalchicomela, que quiere decir lugar de 7 arenas ó de 7 rincones de arena. Esta explicación de la palabra, que está más ó menos de conformidad con la configuración del terreno en que se halla situada la población, es con toda seguridad preferible á la que le dan otros, diciendo que Chalchicomula quiere decir lugar de muchos Chalehíhuítl.

fin, en acarreo de guijarros de diferentes tamaños y de formas redondeadas de diferente composición, entremezclados con arena más ó menos fina y con barro. Estas capas tienen un echado más inclinado, pero la dirección cambia lo mismo que su sucesión. Si podemos aún tomar como depositadas in situ y como productos de erupciones las capas de piedra pómez, las de marmaja y las de guijarros son seguramente depósitos de acarreo fluvial, transportados en parte durante las erupciones, en parte posteriormente. Respecto al origen de estos productos volcánicos, podemos decir que no fueron probablemente depositados en los lugares en que hoy se encuentran por el Volcán de la Sierra Negra ó el de Orizaba, sino por erupciones explosivas que se efectuaron al pie de la Sierra Negra formando allá cráteres de explosión, de los cuales hoy día dos todavía se pueden observar, el Xalapasco Hondo y el Xalapasco Tendido. Por desgracia una vegetación arborescente y una capa de humus, que cubre los dos Xalapascos y sus alrededores, no permiten formarse una idea clara de las relaciones entre ellos y las capas en cuestión. Saliendo del Barrio de San Francisco sube nuestro camino á la meseta de la Cruz Verde, que está formada por estos depósitos, para seguir después en subida por el riquísimo monte de altos y derechos pinos. Toda la falda por la cual subimos hacia el puerto entre los dos volcanes, está cubierta con tierra vegetal y en un sólo punto cerca de nuestro camino, en el agua de Xipe (Xipestepec), podemos observar las capas de arena volcánica y de toba pomosa de grano fino que, por no tener una relación visible, no pueden ser determinadas como pertenecientes á la Sierra Negra ó á erupciones laterales de este volcán.

Hasta en la Barranca del Cerro Colorado y ya muy cerca del puerto llamado la Cerca de Piedra, podemos ver en nuestra subida una corriente andesítica que con toda seguridad ha tenido su origen en la Sierra Negra. Más adelante encontramos al lado opuesto de la barranca, es decir, en el del Citlaltepctl, unas bombas esponjosas negras con inclusiones irregulares, pero siempre en forma de fragmentos de lajas blancas, que parecen ser rocas arrojadas de la profundidad, es decir, de las rocas de la base del volcán y metamorfizadas por él.

La toba misma es, como hemos dicho, muy esponjosa, de un color negro y de un lustre de vidrio. Además de las inclusiones que lleva la roca, contiene cristales incoloros y perfectamente transparentes de una plagioclasa vítrea, cristales alargados negros de amfi-

bola, los dos de unos milímetros de tamaño y al microscopio poca hiperstena. La superficie de estas bombas es por lo regular la característica de bombas basálticas, torcida y rugosa, sin embargo de que algunas veces también se encuentran bombas con una superficie que es más compacta y que se asemeja á la costra de bombas andesíticas de corteza de pau. En nuestro concepto, estas bombas son uno de los últimos productos del Volcán de Orizaba y probablemente provienen de explosiones que se efectuaron en la profundidad de la chimenea volcánica.

Saliendo de la barranca del Cerro Colorado, tenemos enfrente la enorme corriente andesítica que, habiendo nacido en el flanco SW. del volcán ó en este lado del borde del cráter mismo, se extendió hacia el Sur, donde llega con su frente de una altura de 40-50 m hasta el pie de la Sierra Negra.

Mientras que hasta ahora en nuestro camino no hemos podido distinguir con seguridad las formaciones de los dos cerros, la separación de las partes de las dos montañas, que se descubren ahora á nuestros ojos, es clara é inmediata.

OBSERVACIONES GEOLOGICAS EN EL LADO SUR DEL CONO DEL VOLCAN DE ORIZABA.

Mientras que en los lados W., NE. y E. la inclinación de los flancos del Volcán de Orizaba es más ó menos la misma desde el borde del Cráter hasta una altura de 3,000 m sobre el nivel del mar, en el lado Sur (y también en el lado Norte) cambia el declive fuerte del cono á los 4,500 m aproximadamente en un declive más suave. La causa de este cambio puede ser directamente el hecho de que en esta dirección el macizo más antiguo de la Sierra Negra (en el Norte el de la sierra limítrofe entre los Estados de Veracruz y Puebla) sirvió de soclo para la acumulación de cenizas y otros productos del Volcán de Orizaba, ó indirectamente el mismo hecho, habiendo impedido este macizo de la Sierra Negra que la erosión, que en los otros lados atacó el volcán inmediatamente, adelantaba mucho en la parte Sur del volcán.

La segunda causa ha tenido con seguridad mayor influencia y, tomando en cuenta esto y que la erosión no ha trabajado aún en el lado Sur no en todas partes con igual fuerza, se explica el relieve que hoy día tiene el volcán.

El cono estratificado y cubierto en su mayor parte por la nieve

perpetua, con un declive de 30° más ó menos, descansa, como hemos dicho, en su parte Sur, sobre un suelo de un declive mucho más suave, que está formado por diferentes productos volcánicos, de los cuales hoy día, sobre todo los de las corrientes andesíticas, son bien visibles. En algunas partes, en la base de estas corrientes, podemos observar unas capas de brechas y de tobas volcánicas, mientras que en los lugares donde la roca dura de las corrientes no resguardó estas capas menos resistentes, la erosión las ha llevado.

De este suelo, sobre el cual se encuentran en muchas partes diseminadas bombas de diferentes tamaños con una costra de corteza de pan y muchas veces huecas ó llenadas en el interior con una masa muy alterada, sobresalen dos formaciones especiales con formas muy diferentes: los Crestones, la Torrequilla y toda la loma en su continuación en el lado SE. y los crestones cerca del Cerro Colorado en el SW. como *un* tipo y las corrientes modernas de lava de block como *otro* tipo. (Lám. VIII).

Los Crestones y las formaciones que les pertenecen fueron tomados por Dannenberg como restos de un volcán antiguo, es decir, como una especie de Somma, en cuyo cráter se levanta el cono moderno del Volcán de Orizaba. No hemos podido encontrar una comprobación para esta explicación y creemos que los crestones son los restos del cono del Volcán de Orizaba que en tiempos anteriores ha sido más alto y más grande y que, perdiendo en casi todo su contorno por la erosión muchas de sus capas sedimentadas, hoy tiene solamente unos pocos restos de éstas en sus flancos. Los Crestones son como "Testigos" de estas capas y se componen de estratos de brechas volcánicas, de conglomerados de bombas y de corrientes andesíticas. Sobre todo en sus partes inferiores, es decir, en su prolongación á lo largo del flanco del volcán, hacia abajo, la estratificación está paralela al declive de los flancos y á la estratificación del volcán en lo general. En sus partes superiores observamos irregularidades muy marcadas, en el echado y en la dirección de las capas, irregularidades que se explican por inyecciones laterales de magma andesítica en estas capas y podemos ver apófises de estas inyecciones en la parte oriental de los Crestones ya cerca de la Torrequilla, donde forman unos muros que resistieron la erosión y que merecen especial interés por su modo de separación en forma de un montón de leña cortada, perfectamente colocada una sobre otra el uno, en bancos gruesos parados el otro muro. (Véase Lámina IX).

En los Crestones propiamente dichos al SE., como en los Crestones cerca del Cerro Colorado en el SW. del volcán, las corrientes son de una andesita porosa y de color claro de amfibola, mientras que las bombas son de andesitas basálticas oscuras vidriosas y las inyecciones de una andesita compacta poco porfírica de amfibola y poca hiperstena.

La segunda formación que, puesta sobre el suelo llama nuestra atención, son las corrientes de andesita más modernas que con sus partes inferiores se extienden sobre las corrientes y capas antiguas del suelo.

La más importante por su masa y su extensión es la del Malpaís, que se extiende hasta el pie N. del cono destruido de la Sierra Negra y en la cual, en su pared oriental, está situada la Cueva de los Muertos, que nos sirve en nuestra excursión de alojamiento durante varias noches.

Esta corriente, que es de 4 km más ó menos de largo y en su parte más ancha de casi 1 km, pero por lo regular de $\frac{1}{2}$ km aproximadamente de ancho, toma su principio en el lado SW. del cono del volcán, sin que se pueda decir que se haya salido del cráter desbordándose de su margen ó que se haya salido del flanco del cono. Rodea, en forma de medio círculo con márgenes más ó menos abruptas y de 40—50 metros de alto, las elevaciones que pertenecen á los crestones del Cerro Colorado para llegar con su frente empinada hasta el pie de la Sierra Negra. Su margen oriental es del mismo modo abrupto como el del W., disminuyéndose en dirección hacia su origen la altura de esta parte hasta perderse por completo en el cono del volcán.

La parte superior es plana en el sentido que no lleva lomas ó elevaciones mayores, pero está formada igualmente como las paredes, de puros blocks de diferentes tamaños. Todo el aspecto de esta corriente indica que la lava no ha sido muy líquida, sino más bien muy viscosa y que el movimiento de ella no era el correr de un líquido sino el movimiento de una masa plástica. Consolidándose la superficie de la corriente, la presión del magma viscoso en su interior rompió la costra, envolvió los blocks de ésta, salió por las grietas entre ellas y los llevó consigo hasta que de nuevo la superficie se consolidó y el proceso volvió á repetirse. Indicaciones de esto observamos en la corriente que forma el techo de la Cueva, donde grandes blocks agudos y pequeños guijarros algo redondeados nadan en una roca homogénea que en partes tiene una superficie de una

pasta viscosa que á causa de presión salió por hoquedades irregulares, enfriándose al contacto con el aire.

La roca de esta corriente es una andesita de amfibola y de augita con muy poca hiperstena.

Menos importante por sus masas, pero muy interesantes por las indicaciones del modo de su avance que todavía se observa en ellas, son dos corrientes de lava que, saliendo del borde del cráter, llegaron una tras otra por el mismo camino hasta el suelo del cono. Son éstas las corrientes 1 y 2 de la lámina VIII, cuyas partes inferiores, es decir, cuyas masas principales se extendieron al pie del cono del volcán al Poniente de los Crestones. Si nos fijamos en la lámina, observamos que abajo de la cima del volcán aparecen en la nieve del flanco Sur dos líneas oscuras, y algo más á la izquierda otras dos que se prolongan, aumentando su anchura hacia abajo, para perderse en dos montones de blocks de lava, uno sobrepuesto al otro. Las dos líneas exteriores (1) y el montón inferior son los restos de la primera corriente. Esta corriente, de una lava muy viscosa, corrió por el flanco, formando á causa del enfriamiento más rápido de su superficie una especie de bolsa llena del magma, todavía no consolidado y resguardado contra el enfriamiento por la costra exterior. Nuevas cantidades de magma que se introdujeron en esta bolsa causaron la ruptura de la parte inferior de la corriente y, vaciándose la bolsa por esta abertura, el magma salió y, enfriándose rápidamente se amontonó en forma del montón de blocks, mientras que la parte superior de la bolsa, formando ahora en su parte media una bóveda extendida sobre una hoquedad, por su peso se hundió, quedándose solamente las partes marginales levantadas en forma de una canoa. Esta servía de lecho para una segunda corriente que, repitiéndose los procedimientos, formaba en la primera y más amplia de la corriente anterior una segunda canoa y encima del montón de blocks, enfrente, otro nuevo de menor masa. (2 en la Lám. VIII).

Las márgenes de estas corrientes, que como hemos dicho están más elevadas que la parte interior, que se hundió, sobresalen de la nieve, que cubre los flancos del cono y sobre ellos se efectúa nuestra ascensión casi hasta llegar al Labio, una cortada honda del borde irregular del cráter, flanqueada por peñas altas. De este Labio vemos por primera vez el cráter del Citlaltepétl. El punto más alto del volcán está situado en el SW. del borde y será unos 70 m más alto que el Labio.

El cráter tiene una forma ovalada con un eje mayor de 500 m

más ó menos en dirección SE.-NW. y un menor perpendicular al primero de más de 400 m. (1)

El punto más bajo del fondo del cráter debe estar á unos 300 m abajo de la cima.

Las paredes son perpendiculares en todos lados: en sus partes inferiores están cubiertas por los escombros derrumbados de ellas mismas y del borde. El borde, respecto á la altura es irregular. El punto más alto tiene, según mis observaciones de hipsómetro, una altura de 5,675 m sobre el nivel del mar. (2)

A los dos lados de la cima el borde pierde en altura rápidamente para levantarse en el lado N., donde se destacan dos lomas bien marcadas, pero de poca altura, mientras en el NE. el borde forma una cima menos alta que la principal, pero más alta que los otros puntos del borde. (Esta segunda cima del volcán, que se ve de Orizaba como el punto más alto, la llaman los neveros y azufreros Pico de Orizaba).

Geológicamente, la observación más importante es, que las paredes interiores del cráter se presentan en varios puntos estratificadas: esta estratificación no es perfecta y continua, sino ondulada en unas partes, en otras interrumpida. En diferentes puntos se destacan perfectamente antiguas depresiones por las cuales han salido corrientes de lava y á las cuales se acomodan las capas de tobas y bombas que se depositaron en estos lechos. En algunos puntos hay corrientes macizas, en otros se observa una discordancia en la estratificación y en otros parecen las capas rotas ó irregulares por fracturas. (Véase Lám. X). De ningún modo podemos por eso creer que las paredes del Volcán de Orizaba son de una construcción homogenética.

La actividad del volcán es reducida hoy día á un minimum. Ex-

(1) El Sr. Lic. José María Bulnes, admirador del volcán y entusiasta excursionista, ha mandado medir la circunferencia y los ejes y ha tenido la bondad de proporcionarme sus respectivos datos. Encontró 1650 varas=1383 m para la circunferencia, 562 varas=474 m para el eje grande y 489 varas=410 m para el eje menor.

(2) El Sr. D. Rafael Carrasco ha tenido la fineza de hacerse cargo de observaciones simultáneas de hipsómetro en San Andrés Chalchicomula. Dicho señor, á quien doy las gracias más expresivas por su amabilidad y por el empeño con que practicó estas observaciones, las hizo durante los 7 días que anduve yo en el volcán, á las 8, 10 y 12 a. m. y á las 2, 4 y 6 p. m. Aunque el cambio de presión en la mesa central de México no es muy fuerte, siempre hay que tenerlo en cuenta.

cepto las exhalaciones poco notables de SO_2 que se perciben en algunos puntos (p. e. en el Labio) y escasos depósitos de azufre y yeso en las paredes del borde, hay solamente unas pocas indicaciones de fenómenos volcánicos, como p. e. una faja 40 m abajo de la cima en la parte exterior del cono, donde á causa de unas exhalaciones calientes, la nieve nunca dura. Lo mismo se observa en el fondo del cráter, en el cual solamente en algunas partes hay nieve.

Mientras que en el lado Sur del cono, como hemos dicho, la nieve perpetua es de poco espesor, en el lado NE., NW. y N. alcanza mayor tamaño. Si aún hoy día no hay ventisqueros propiamente dichos, siempre se ve en las grietas que se forman en la nieve en aquellos lados la sobreposición de diferentes capas de nieve endurecida y de grano grueso (Firn).

Indicios de ventisqueros de otra época (época glacial) no hemos podido encontrar en ninguna parte del lado Sur y esto nos conduce á la opinión de que el volcán, que en tiempos históricos no ha tenido fuertes erupciones, estaba en actividad paroxismal en tiempos postglaciales.

LA SIERRA NEGRA.

Más antigua que el Volcán de Orizaba, la Sierra Negra es un volcán estratificado apagado por completo desde hace mucho tiempo y destruido en gran escala por la erosión.

Si observamos la Sierra del N. de un punto cerca de la Cueva de los Muertos (Lám. XI), llama nuestra atención un banco de roca que, sobresaliendo de los escombros que cubren todos los flancos del cerro, á $\frac{2}{3}$ partes de su altura sobre el puerto Cerca de Piedra (1) situado entre ella y la corriente de lava del Malpaís, se destacan como una faja horizontal más ó menos continua en todo el flanco. Fijándonos bien, vemos que la costilla que sale de la loma de la Sierra Negra hacia el NW. (en la lámina la cresta á la derecha) está formada por capas paralelas que tienen el mismo echado que el flanco del cerro. Para formarnos una idea sobre la tectónica de este volcán hacemos la ascensión por este lado, procurando que nuestro camino nos lleve al punto donde descansa el banco de lava sobre las capas inclinadas de la costilla. De este punto seguiremos por el flanco W. del cerro y observamos que también en las barrancas

(1) En este puerto, por donde soplan vientos muy fuertes se acumula mucha arena volcánica que á causa de una vegetación raquífica en algunas partes forma una especie de médanos pequeños.

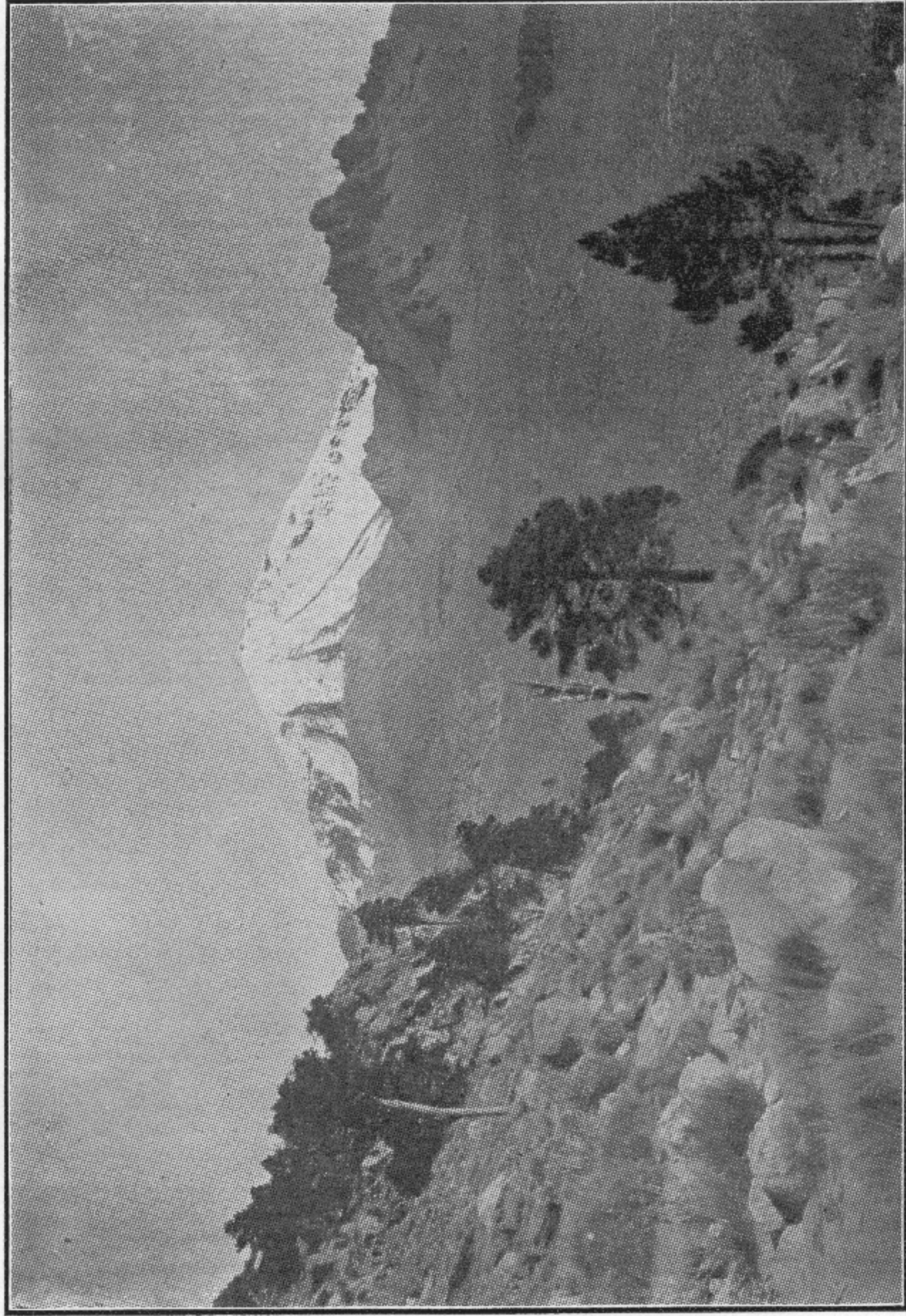
hondas de aquel lado aparecen capas de tobas á las cuales se sobrepone la masa de lava, aumentando allá su espesor. Subiendo ahora á la cima, encontramos en diferentes puntos de la parte alta restos de tobas volcánicas que pertenecieron á un cono volcánico, mientras que la mera cima está formada por lava porosa.

Todas estas observaciones nos llevan á la idea siguiente sobre la formación de la Sierra Negra: La formación de un volcán grande estratificado con un cráter ancho era la primera fase de la Sierra Negra. El cráter se llenó con lava que se enfrió en el mismo, por lo menos en las partes donde tocaba las paredes del cráter. Sobre esta capa de lava se formó un cono nuevo estratificado, que cubrió el cráter antiguo y probablemente también el cono anterior. En el cráter del nuevo cono subió lava, que se enfrió en él. Hoy día la erosión ha comido la mayor parte del cono secundario y gran parte de la Somma, es decir, todo lo del cono primario que no estaba resguardado por la lava maciza que llenaba el cráter antiguo; por eso encontramos descubiertos los estratos de la Somma en la parte inferior de la Sierra debajo del banco de lava (1) y encima del llenamiento del cráter antiguo, restos estratificados del segundo cono y de su llenamiento con la lava.

Las lavas producidas por la Sierra Negra tienen gran semejanza con las del Orizaba, sin embargo de que sobre todo la lava del banco, con su aspecto más compacto, el color claro y con grupos de cristales verdosos, no tiene una parecida entre las lavas que encontramos en el flanco Sur del Volcán de Orizaba. (2) Las lavas del Volcán de Orizaba son andesitas de amfibola, con augita y con escasa hiperstena ó sin ella, con pasta fundamental más ó menos vídriosa lo mismo que las demás lavas de la Sierra Negra, mientras que la lava del banco de este último volcán es una andesita de hiperstena y augita con una pasta holocristalina-hipidiomorfa compuesta de plagioclasas. La amfibola, que no falta nunca en las otras lavas, en ésta no aparece.

(1) Que naturalmente en la parte más céntrica cerca de la chimenea donde el cráter era más hondo es de mayor espesor, como lo vemos ya desde San Andrés Chalchicomula en el lado W. de la sierra donde la erosión hizo barrancas más hondas en el cuerpo del cerro.

(2) Parece que las inclusiones de las bombas del Volcán de Orizaba, de las cuales hablábamos antes, son fragmentos de una andesita parecida á la del banco de la Sierra Negra.



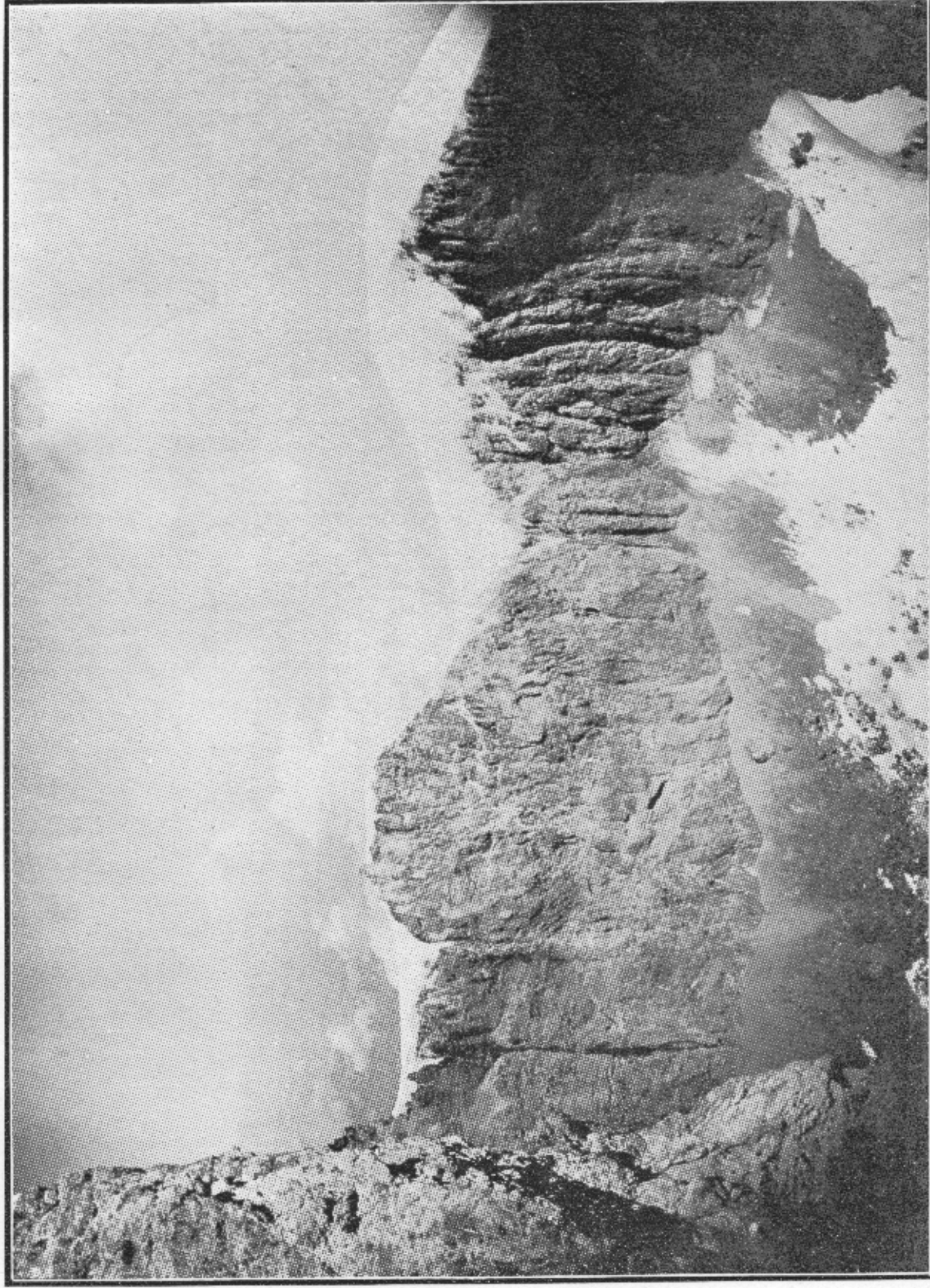
Fot. P. Waitz.

El Volcán de Orizaba (desde el lado Sur) con las corrientes de lava y con los Crestones.



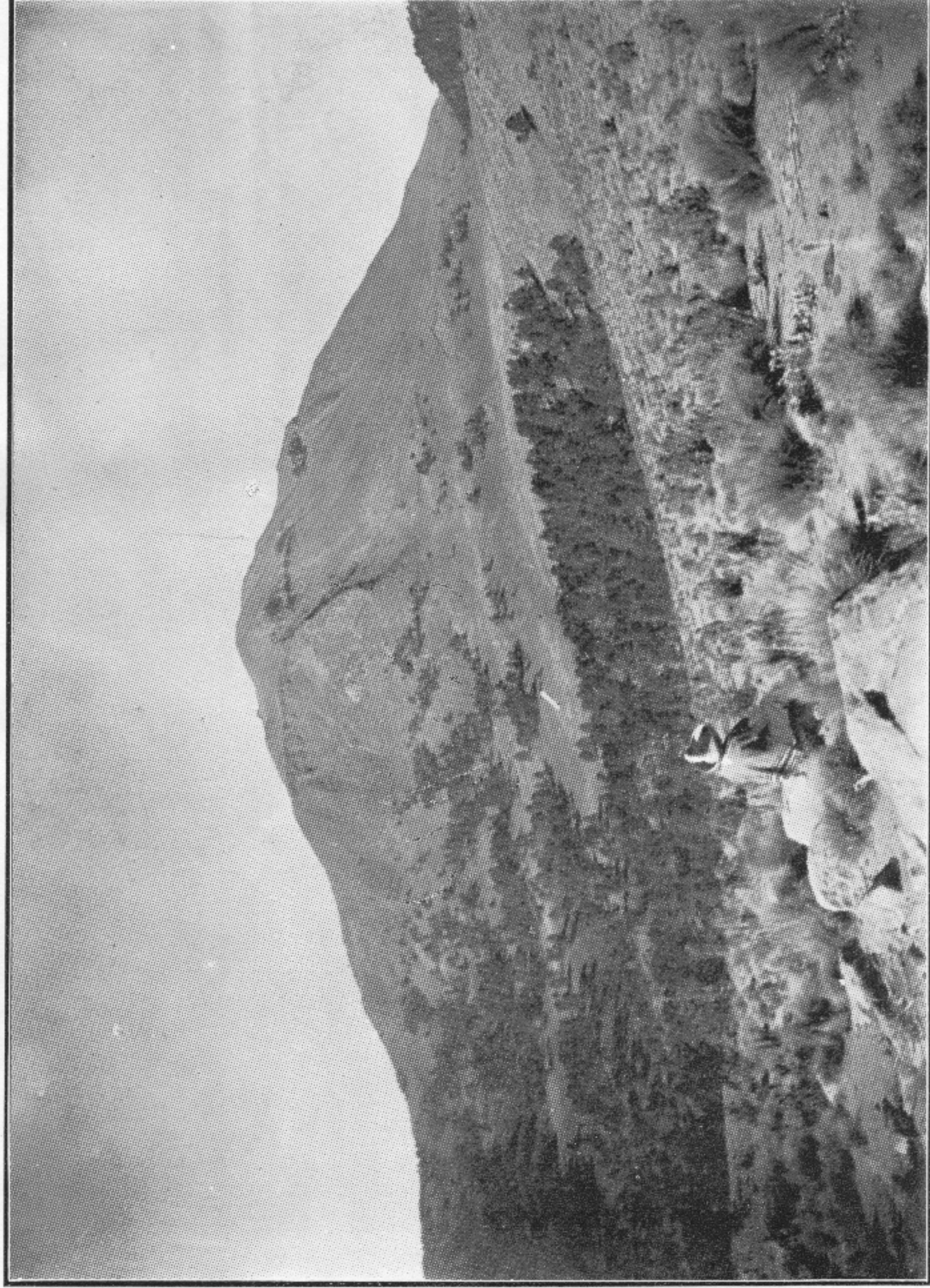
Fot. P. Waitz.

Diques intrusivos con formas características de la separación de rocas ígneas, en los Crestones.



Fot. P. Waitz.

El Cráter del Volcán de Orizaba (á la derecha el "Pico de Orizaba").



Fot. P. Waitz.

La Sierra Negra (desde el N.)