

INSTITUTO GEOLÓGICO DE MÉXICO.

DIRECTOR, ANTONIO DEL CASTILLO.

LAS
ROCAS ERUPTIVAS

DEL SUROESTE DE LA CUENCA DE MEXICO

POR

EZEQUIEL ORDOÑEZ.

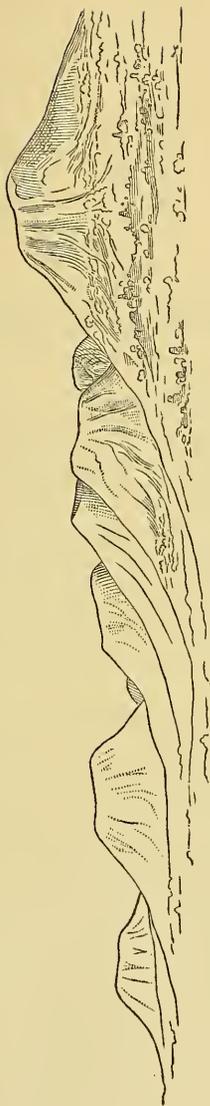


MÉXICO

OFICINA TIP. DE LA SECRETARÍA DE FOMENTO

Calle de San Andrés núm. 15 (Avenida Oriente 51).

—
1895



LOS VOLCANES DE SANTA CATARINA.

(Vista tomada del Sur.)

IDEA GENERAL DE LA CUENCA DE MEXICO.

Los sistemas orográficos que limitan y definen en su medio la vastísima mesa central mexicana y que recorren en su mayor longitud el territorio de la República, dan lugar en sus ramificaciones interiores, de acuerdo con los accidentes locales de dirección, con elementos secundarios de configuración y enlace con macizos interiores diseminados, á la formación de valles y cuencas de más ó menos longitud y anchura, los que más ó menos orientados, relativamente angostos y elevados, vienen á constituir el extremo meridional de la gran mesa; es decir, la cúspide de ese gran declive continental que se abate hasta las márgenes del Río Bravo del Norte, en los confines de la República.

La gran Cuenca de México y los valles de Toluca y Puebla son los principales de ese límite meridional. Dicha Cuenca queda comprendida entre los 19°5' y 20°10' de latitud N. Sus límites naturales tienen una elevación considerable sobre el nivel del mar, llegando sus dos cimas más altas á la región de las nieves persistentes. La Cuenca presenta su mayor longitud en la dirección del S.O. al N.E., desde la montaña elevada del Ajusco, de 3,850 metros sobre el nivel del mar, hasta las montañas de la serranía de Pachuca, teniendo en esta dirección una longitud de 130 kilómetros aproximadamente.

La altura media de la región plana es de 2,260 metros, circundada por importantes serranías cuyo origen se debe á movimientos eruptivos acaecidos desde el período Terciario hasta las erupciones volcánicas de nuestros días, dando idea de su relativa edad algunos sedimentos pliocenos y actuales que les son subordinados, y ofreciendo las rocas eruptivas diferencias notables, bajo el punto de vista petrográfico.

El límite al O. se halla formado por las cumbres elevadas de la serranía

de las Cruces, Monte Alto y Monte Bajo, orientada en general de S.E. á N.O. y cuya cadena se prolonga más allá del límite N.O. de la Cuenca. Lomas extensas de sedimentos pliocenos establecen la división hidrográfica del lado N., y al N.E., sierras de no muy grande extensión y cerros aislados, rodeados de planicies, se extienden hasta llegar á las montañas de Pachuca, que forman parte del límite oriental. Separado por lomas entrelazadas y á poca distancia de los contrafuertes de aquella poderosa sierra metalífera, se levanta la sierra formada por el Ixtacihuatl y el volcán Popocatepetl como cimas prominentes. Los flancos orientales de esas montañas caen en gran parte hacia el Valle de Puebla, así como las vertientes occidentales de la Sierra de las Cruces descansan sobre el extenso Valle de Toluca, adonde derraman sus aguas.

Las planicies circunscritas por estas serranías, en otro tiempo cubiertas por las aguas de extensos lagos, constan ahora de un gran espesor de capas lacustres de material arcilloso, calizo y de productos de los volcanes; quedando ahora reducidas las aguas á unos cuantos lagos dispersos alimentados por los arroyos que descienden de las sierras, y estos lagos, para la Cuenca de México, son: Chalco, Xochimilco y Texcoco para la región del S.; San Cristóbal, Xaltocan y Zumpango para la región del N. De la sierra del O. de la Cuenca se desprenden dos ramificaciones importantes que avanzan hacia el interior, haciendo el límite occidental bastante irregular, ramificaciones que son á su vez formadas de grupos entrelazados de cerros llamados: el uno, Sierra de Guadalupe, y el otro, Tepetzotlán. La uniformidad de la planicie que rodean los macizos de la Cuenca se interrumpe por algunos cerros de pequeña elevación y cordones que no son menos importantes bajo el punto de vista geológico, como las colinas de Chapultepec y Peñón de los Baños, de 45 y 60 metros respectivamente; el Peñón del Marqués, el Cerro de Ixtapalapa y la muy interesante cadena de cráteres volcánicos, orientada casi de E. á O., de los cuales el de Santa Catarina es el más elevado; el Cerro de Xocotitlán cerca de Chalco, el grupo de volcanes de Tlalmanalco, etc.

La región del S.E. de la Cuenca se cierra por los contrafuertes del Popocatepetl, que casi se enlazan con una serie de volcanes alineados aparentemente de E. á O. que forman el límite del S., donde se cuentan numerosos cráteres en el interior, haciendo notar desde luego que en esta región es donde llegan á tener una extensión preponderante los basaltos modernos bajo la forma de corrientes más ó menos extensas, á veces sobrepuestas.

En la carta del S.O. de la Cuenca de México, publicada por la Comisión Geológica, se ven dos serranías que constituyen límites naturales: la Sierra

de las Cruces cuya altura principal es el Cerro de San Miguel, de 3,200 metros, y la región de los volcanes del S. cuyas principales alturas son formadas por los volcanes de Cuautze y del Tlamolo. Al E. se observan los cerros del Pino y Tejolote, dependencias topográficas de la Sierra Nevada; los cerros de Tlapacoya y Chimalhuacán, los volcanes apagados de Santa Catarina, Las Calderas, Xico, y, en fin, al N., la Sierra de Guadalupe.

Dicha carta comprende una extensión de 52 kilómetros próximamente de E. á O. y 45 kilómetros de N. á S., quedando en el medio próximamente la Ciudad de México.

Las traquitas, las andesitas y los basaltos constituyen la totalidad de las formaciones eruptivas de esta región de la Cuenca, siendo el grupo de las rocas andesíticas el que alcanza una extensión preponderante y presenta mayor número de variedades, de tal manera ligadas las especies pertenecientes á este grupo petrográfico, que una separación perfectamente definida es imposible, toda vez que las asociaciones de sus elementos minerales constituyentes van sufriendo una muy lenta modificación, que hace prever desde luego el enlace íntimo que tienen entre sí las montañas formadas de andesitas y que en su aparición se han presentado en series no interrumpidas, y que sólo el tiempo ó relativa edad de aparición ha producido como consecuencia la modificación petrográfica á que aludimos.

En los basaltos la modificación es menos sensible cuanto que este grupo presenta en general menor número de variedades; y las únicas diferencias observadas consisten tan sólo en una mayor ó menor cristalinidad, dependiendo casi siempre de la mayor ó menor fluidez con que estas rocas han venido á constituir corrientes y la rapidez de su enfriamiento, aunque la edad relativa de estos basaltos tenga también alguna influencia que se puede apreciar claramente en la serie de corrientes sobrepuestas que hemos observado en la región S. de nuestra Cuenca.

Las traquitas sí tienen, como el grupo de las andesitas, representantes muy variados, observándose como en aquellas una gradación insensible, no sólo en las del grupo mismo, pero aun en su paso hacia las andesitas, caso que tiene lugar frecuentemente y que ha hecho la limitación de la extensión de cada uno de estos grupos, andesitas y traquitas, sumamente difícil; y los colores dados á nuestra carta para representar cada una de estas rocas habrán quizá de sufrir alguna modificación cuando multiplicadas en mayor escala las preparaciones microscópicas, se multipliquen las determinaciones petrográficas, los análisis químicos, y que una discusión más precisa de los resulta-

dos, nos den definitivamente las referencias en cada lugar á los grupos de las especies y variedades que de antemano se hayan tabulado y correspondido.

Hay que tener en cuenta también como una dificultad para la exacta clasificación, la alteración profunda que estas rocas han sufrido por acciones atmosféricas que van muchas veces más allá de donde se pueden obtener ejemplares para estudio; la dificultad de ver y estudiar la pasta microlítica de estas rocas, que tal vez por acciones de presión ó de fenómenos piezo-dinámicos han producido modificaciones que hacen difícil la percepción clara y la adquisición de medidas precisas al microscopio; así como la pequeñez de los elementos de la segunda generación, que, como lo asientan los petrógrafos franceses, debe tomarse como la base ó la parte principal para la clasificación.

Esto que acabamos de asentar tiene lugar para la sierra occidental límite de la Cuenca, donde una vegetación tupida y un espesor más ó menos grande de material arcilloso, producto de descomposición de las rocas duras que forman dicha sierra, origina á su vez dificultad en adquirir muestras para estudio y así multiplicar los lugares de observación.

No hemos visto hasta la fecha descripción alguna petrográfica de las rocas de la Sierra de las Cruces; no así para la mayor parte de las otras rocas eruptivas de las montañas que forman el resto de la porción de la cuenca comprendida en nuestra carta, como se ve en el Bosquejo Geológico escrito para una parte casi igual de dicha cuenca, por los sabios doctores Felix y Lenk en Leipzig, después de su viaje á la República de México.

Las observaciones que sobre la marcha petrográfica ó modificación mineralógica sean apuntadas para la Cuenca de México y para el grupo de las andesitas, servirán más tarde como una base para el estudio de las andesitas de otras regiones de México, donde por condiciones geológicas de formación, se encuentran, como tiene lugar frecuentemente rocas andesíticas análogas, cuanto que es aparentemente uniforme y regular la orogenia de una gran parte de la región meridional de la Mesa Central, y que resalta aun á primera vista de la igual formación topográfica para cada uno de los valles ó cuencas que se extienden, contiguos los unos á los otros, separados por sierras paralelas en toda la porción elevada de dicha Mesa; y es tal la uniformidad á que aludimos, que las series de andesitas, traquitas y basaltos, las encontramos siempre para toda esta vasta región en la misma subordinación y con caracteres petrográficos semejantes, comunicando de esta manera un sello peculiar á la región central de la República.

A esto se debe, pues, la uniformidad geográfica que se observa y que ha-

ce simplificar, una vez sorprendida la génesis de la orografía de México, la configuración general que todavía ni aun se sospecha en sus detalles en nuestras cartas geográficas y que se irán conociendo más tarde, á medida que progresen los estudios de nuestras comisiones geográficas y exploradoras, y el Instituto Geológico, que con su red de itinerarios geológicos en todas las direcciones del país, completará aquellos trabajos importantes.

A reserva de dar detallada descripción de la petrografía de cada sierra, macizo ó montaña aislada de la porción de la cuenca que nos ocupa, daremos una sucinta descripción de las rocas en conjunto, para no desvirtuar la índole de esta reseña, que sirve de explicación á dicha carta, deseando concretar el estudio á las rocas eruptivas, y quedando el estudio geológico de los sedimentos para una monografía especial á que nos dedicamos en la actualidad.

Las rocas de la Sierra de las Cruces ofrecen en su aspecto microscópico variaciones acentuadas de estructura. Son ya grises, blanquizas rosadas ó violadas, de estructura vítrea, microlítica y porfiroide, en relación con la mayor ó menor proporción de magma amorfo microlítico, ó por la presencia de cristales diseminados de primera generación. Estos grandes cristales son de sanidino unos, de oligoclasa y labrador los otros, y de hornblenda, más ó menos alterados en óxidos de fierro, en puntos agrupados que definen los contornos de los cristales; alteración que se propaga hasta el fierro diseminado en pequeños granos en el magma, y que origina sólo este hecho las diferencias de coloración que se observan en estas rocas á la simple vista, que parece ser producida tan sólo por acciones atmosféricas.

La hiperstena se encuentra en grandes cristales corroídos de primera consolidación, y en algunas rocas en pequeñas microlitas asociadas siempre á la augita, con la que presenta, á la luz natural, semejanzas muy notables. La cantidad siempre variable de este elemento, y la presencia constante de la hornblenda, también en proporciones muy variables, explican la designación de los dos elementos en la clasificación, con objeto de distinguir las de las rocas de hornblenda exclusivamente ó de hiperstena sola, que también se presentan en la Cuenca; y si la hornblenda, que por su escasa abundancia no debiera considerarse en algunas rocas de Las Cruces sino como un elemento accidental, la hemos incluido como término que forma parte de la clasificación, es para evitar la confusión á que daría lugar al ser comparada con andesitas exclusivamente piroxénicas que constituyen una extensión considerable y son, por su edad y aspecto general, diferentes, siendo las que vienen á enlazarse con las labradoritas y los basaltos.

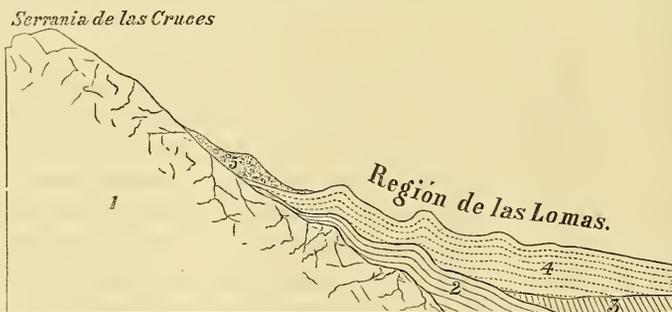
La presencia en el magma de estas rocas, de microlitas de sanidino y oli-

goclasa nos ha hecho formar un grupo de traquiandesitas como término intermedio entre los dos grupos principales, las que no se dejan estudiar con claridad por cierta alteración y silicificación de este magma. Las andesitas con hornblenda y piroxena de la colina de Chapultepec, dependencia topográfica de la Sierra de las Cruces, pertenecen al grupo en parte de las andesitas de piroxena y hornblenda, que han quedado en la obra de los señores Felix y Lenk con el nombre de andesitas de hornblenda, al lado de las andesitas de igual tipo del Cerro del Tejolote y del de Tlapacoya, con las que presenta diferencias.

En muchas rocas de la Sierra de las Cruces y Monte Alto se encuentran asociados como elementos de primera generación el sanidino y la oligoclasa, presentando casi siempre, cuando es abundante el sanidino, un habitus claramente traquítico; unas llevan microlitas de sanidino y de feldspatos triclinicos; otras solamente sanidino, las que propiamente deben llevar el nombre de traquitas. En algunas, por la abundancia de oligoclasa en microlitas radiantes como esferolitas no perfectas, pueden llevar el nombre de andesitas de sanidino semejantes á las descritas por Fouqué y Levy en su "Mineralogie Micrografique."

Cerca del Cerro de San Miguel se observa una roca en corta extensión, de color claro muy vítrea y de estructura perlítica debiendo considerarse como obsidiana perlítica.

En el corte transversal de la Sierra de las Cruces que se adjuntó á la Carta de la Cuenca, se puede observar la relación que existe entre las andesitas y traquiandesitas de la parte alta de la serranía, con los depósitos en



- 1.—Andesitas.
- 2.—Brecha de pómez.
- 3.—Toba pomosa con restos de Elephas, Equus, etc. (Postplioceno).
- 4.—Capas de toba pomosa fina.
- 5.—Aluvión.

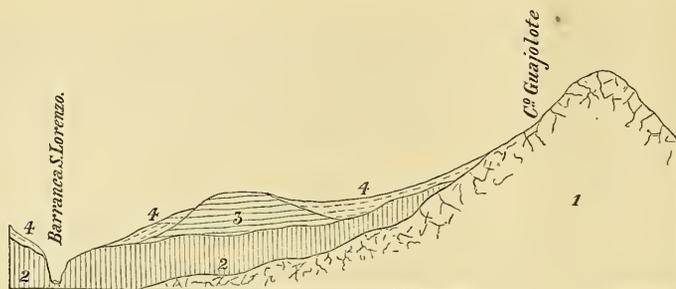
capas de tobas y brechas pomosas que forman la región de las lomas ó parte baja de la misma Sierra, sirviéndole de estribos. Las capas número 2 en el corte, onduladas ligeramente y siguiendo las sinuosidades de la parte maciza de la montaña, están formadas de una brecha de pómez con cemento algo arcilloso, las que alcanzan un espesor de más de 80 metros; estas brechas fueron formadas durante las erupciones de las andesitas á que están subordinadas directamente pues que se encuentran en su contacto y forman, por decirlo así, una zona alrededor de las andesitas y traquiandesitas de hornblenda y piroxena, así como también á algunas andesitas de hornblenda sola que son escasas y se presentan de una manera accidental; y á las andesitas cuarcíferas de la Sierra de Guadalupe.

Los agentes de erosión han permitido el transporte de este material pomoso haciendo avanzar hacia abajo continuamente las rocas duras aunque alteradas, y estos detritus de las tobas acarreados por las aguas han venido á sedimentarse en capas que ocultan á las brechas de pómez, capas número 4 de nuestro corte.

A medida que se asciende en la región de las lomas, las tobas detríticas se cargan de material arcilloso y cambian de color por la descomposición superficial de las andesitas en contacto y por el acarreo contemporáneo de sus productos. Tanto en la zona de separación de las rocas duras con las tobas, como intercaladas en éstas; se observan algunas veces poderosos bancos de aluvión conteniendo gruesos cantos; estas tobas amarillentas cuaternarias de grano fino, tienen un espesor que excede de 100 metros y son los depósitos á que Virlet D'Acoust atribuye un origen por acarreo de los vientos, siendo en realidad, como se ve, producidos por las aguas.

En el Cerro del Guajolote, alrededor de las traquiandesitas y traquitas francas, se encuentra una toba gris á la que llaman cantera y que está cubierta en varios puntos por las brechas pomosas pliocenas y tobas cuaternarias, como lo manifiesta el corte geológico que acompañamos. Las tobas grises guardan con las traquitas blancas la misma relación que las brechas tienen con las andesitas que las acompañan: son materiales detríticos volcánicos producidos durante las erupciones de unas y otras, interviniendo el agua en su sedimentación, y aun pudieran tal vez considerarse como verdaderos lodos volcánicos. En su masa están contenidos algunas veces fragmentos semicalcinados de la roca dura, como "bombas" que llaman los canteros "gabarro," cuya abundancia en el cuerpo de la roca le da un aspecto brechiforme. Esta formación de tobas grises se encuentra también á descubierto á lo largo de tres barrancas, de las cuales la más importante es la de San

Lorenzo por el gran número de canteras en explotación que tiene. Al microscopio esta roca permite reconocer cierto carácter detrítico, pues los cristales feldespáticos, sobre todo las plagioclasas y la hornblenda se presentan en fragmentos en una pasta arcillosa, con restos de microlitas y lagunas de una masa vítrea semejante á la pómez. Por la composición esta roca debe entrar en el grupo de las tobas andesíticas, pues tanto los cristales en pedazos como las microlitas, son casi exclusivamente plagioclasas, tal vez conservados, por ser de menos fácil desagregación que las ortoclasas. Sin embargo, subsisten bajo el nombre de tobas traquíticas por ser una roca de habitus traquítico la que ha dado origen á este material.



- 1.—Traquita de hornblenda.
- 2.—Toba traquítica.
- 3.—Brecha de pómez.
- 4.—Toba pomosa fina.

El corte geológico del Cerro del Guajolote y Barranca de San Lorenzo, da una idea de la relación estratigráfica que guardan las tobas de que hablamos con las brechas y tobas amarillentas pomosas. Solamente la erosión ha podido poner á descubierto las tobas grises, cubiertas antes enteramente por las brechas; conservándose en la parte superior de las lomas de esa región, verdaderos girones y cúpulas de brechas, en parte cubiertas por depósitos cuaternarios. Esta sobreposición no da lugar á duda respecto á la anterioridad de aparición de las traquitas á las especies de andesitas.

La aparición de las andesitas de hiperstena en México, marca también para todo el país una era perfectamente definida de erupciones y á la que pueden referirse muchos de nuestros principales volcanes, cuya actividad llega en algunos hasta nuestros días, Colima y Ceboruco por ejemplo. En nuestros volcanes más modernos ha podido notarse un cambio en las lavas de los basaltos á andesitas hipersténicas como en el Popocatepetl y entre andesitas vítreas á traquitas hipersténicas en el Ceboruco y Colima.

Las andesitas y traquiandesitas de las montañas del O. sufren una variación en su composición en la Sierra de Guadalupe, al N. de la Ciudad de México, convirtiéndose en andesitas con una fuerte proporción de siliza bajo la forma de cuarzo en granos diseminados ó de magma silicificado y microfeldsítico, que acompaña frecuentemente á microlitas feldespáticas, por lo cual han sido designadas con el nombre de dacitas. A consecuencia de la estructura en zonas fluidales de este magma microfeldsítico, la roca se separa en las más ó menos delgadas y en columnas imperfectas.

Las andesitas hipersténicas se extienden en corrientes en los flancos del Volcán de Santa Catarina. Se cuentan en esta cadena seis bocas alineadas según la dirección media N. 75° E., aumentando progresivamente en altura al partir del O. hasta el cráter de Santa Catarina, de 450 metros de altura sobre la llanura. Los dos primeros conos, á saber: el de San Nicolás y el de Xaltepec están formados de brechas volcánicas, lapilli, cenizas, etc.; elementos todos de trituración que los vientos han transportado más allá de su base, sobre todo las cenizas, que se acumulan á veces en pequeños montículos á manera de médanos. El tercer cráter se halla abierto hacia la parte N.O. y tiene la forma de una herradura. En algunos puntos, cerca de la base de estos conos, aparecen pequeñas reventazones de andesitas hipersténicas compactas, y que no están marcadas en la carta á causa de su pequeña extensión. La protuberancia ó mamelón llamado de Santiago, atestigua por su forma, elevación y carácter vítreo de sus rocas, un estado incompleto de fusión al ser emitidas por el cráter las lavas que lo forman.

Las andesitas de los volcanes de Santa Catarina se asemejan, bajo el punto de vista petrográfico, á las rocas de la parte superior del cono del Popocatepetl, tanto en la composición mineralógica como en la coloración y aspecto de la masa vítrea. La misma semejanza se observa en las rocas del cerro de Ixtapalapa, al N.O. de los volcanes que acabamos de citar. Este cerro, de 200 metros de altura próximamente, se compone de rocas compactas cubiertas en distintos puntos de *tezontle* remolido.¹

Probablemente la débil cohesión de estos materiales volcánicos contribuiría á la rápida destrucción de un cráter que, á no dudarlo, existió en dicho Cerro de Ixtapalapa, dada la gran semejanza de este macizo con los del cordón de Santa Catarina. Esta misma idea han expuesto los señores Felix y Lenk en su "Beitrag zur Geologie und Palaeontologie der Republik Mexiko."

1. Se da en México el nombre azteca de *tezontles* á las lavas basálticas ó andesíticas que por ser muy esponjosas, sirven como rocas ligeras de construcción.

Al N.E. de Santa Catarina, en la Hacienda de San Isidro, dos nuevos cráteres se presentan, conocidos bajo el nombre de Las Calderas. Las dos bocas se separan por un borde común; su constitución es diferente de los anteriores, pues están formados de capas sobrepuestas de tobas pomosas volcánicas con espesor de algunos decímetros é inclinadas generalmente en dos sentidos, hacia el interior de los cráteres y hacia el exterior. Son poco profundos y de grandes dimensiones, utilizándose la planicie de los fondos como tierras de labor.

La línea que une los centros de Las Calderas, sigue una dirección de N.O. á S.E., diferente de la dirección general de la cadena volcánica de Santa Catarina. Se ha dicho que la dirección que afectan los volcanes de Xico, el Peñón del Marqués y Peñón de los Baños, coincide con una línea de fractura diferente de la que dió origen al cordón de Santa Catarina. Pudiera ser más bien, según nuestra opinión, que se trata de fracturas secundarias de una principal que corre sinuosa de E. á O., comprendiendo dos grupos ó series de volcanes del mismo tipo, desde los flancos del Ixtaccihuatl donde comienza el grupo de volcanes de Tlalmanalco, hasta Ixtapalapa donde termina el grupo de los de Santa Catarina.

De suerte que una ramificación daría lugar á la formación de cráteres generalmente de poca elevación, donde las fuerzas serían insuficientes para producir una emisión de lavas considerable. Así se explican fácilmente los conos de tobas pomosas volcánicas de Las Calderas, el cerro de tezontle andesítico del Peñón del Marqués, y otros pequeños conos alrededor de Santa Catarina. El cráter de Xico presenta otro ejemplo notable de cráter poco elevado, formado de tobas con una pequeña corriente de lavas inmediata. En el Cerro del Pino, las andesitas hipersténicas semejantes á las de Santa Catarina, se hallan cubiertas por una costra delgada de tobas análogas á las de Las Calderas de San Isidro, y observándose en la cima gran cantidad de tezontles y brechas, que parecen dar indicios de cráter. Inmediato al Cerro del Pino, hacia el E., se levanta el Cerro del Tejolote, de andesitas de hornblenda, de erupciones anteriores y acaso contemporáneas con las del Cerro de Tlapacoya, al S. de Ayotla y orillas del lago de Chalco. La fractura que dió origen á los volcanes de Santa Catarina, prolongada, parece limitarse y bifurcarse, por decirlo así, al tropezar con el macizo resistente del Tejolote.

Otro grupo de andesitas de hiperstena se extiende en la extremidad S. de la Sierra de Guadalupe, solamente que en estas rocas domina el carácter microlítico á diferencia de las anteriores en que el magma vítreo en lo general es más abundante, aunque pueden distinguirse algunas variedades. Cuatro ce-

rros unidos entre sí son los formados por estas rocas en aquella extremidad, y son: Tepeyac, Gachupines, Guerrero y Santa Isabel. La roca del Tepeyac tiene un color generalmente gris violado con cristales de primera generación de labrador. En algunas cavidades hay revestimientos de ópalo y finas agrupaciones de tridymita además de cristalitas de melanita (granate negro). La hiperstena se ve también en grandes cristales, así como algunos de augita en gemelos. Este Cerro del Tepeyac tiene rocas muy semejantes á las del Peñón de los Baños. En los cerros de Gachupines y Santa Isabel, las andesitas son ya rojizas ó negro-violadas, de apariencia basáltica, menos vítreas. Se observan reventazones ó diques de obsidianas andesíticas de hiperstena de color gris, de abundante magma amorfo y esferolitas simples sin cruz.

Los restos de lapilli, tezontle, toba andesítica, brechas volcánicas, etc., encontrados en varios lugares de estos cerros, nos sugieren la idea de considerar este grupo de montañas como formadas en condiciones análogas á las que dieron lugar á la cadena de Santa Catarina; es decir, que fueron conos de lavas en su parte inferior, teniendo un cono de restos en su parte superior y que han sufrido por los agentes de erosión posteriores, una casi completa destrucción, comparable á la que nos presentan los cerros del Pino, Ixtapalapa y aun puede ser el Peñón de los Baños. Se pueden observar en el Cerro de Guerrero dos erupciones distintas; la lava de la última erupción cubrió la boca ó chimenea de salida de la primera, dejando tan sólo algunos restos del primer cráter. A media altura del Cerro de Guerrero, descansando sobre andesitas grises y rojizas, se descubre en varios puntos una zona no muy gruesa de una brecha volcánica de fragmentos calcinados. Sobre esta brecha descansa una roca compacta negra, un poco diferente de la de la base y con marcada estructura en las. El cerco de brechas sería sin duda el borde de un cráter en parte destruído, en el cual debió formarse un verdadero tapón de rocas, que su débil fluidez y poca cantidad le mantuvo solamente arriba de la boca, casi sin escurrir, y que la lentitud de su completo enfriamiento permitió su separación ó división en las delgadas.

Este fenómeno de obstrucción es más frecuente de lo que á primera vista pudiera parecer en la Cuenca de México, no sólo en las andesitas de esta especie y los basaltos, pero aun en las andesitas de hiperstena y hornblenda, de erupciones más antiguas, donde la denudación más avanzada, hace ver la obstrucción con menos claridad.

Así, en algunos cerros de la Sierra de las Cruces como en el Cerro del Tigre, llamado también del Pedregal, un cerco de brechas se observa cerca de la cima de uno de sus picos.

¿Las andesitas de hiperstena del Cerro de Guadalupe deben considerarse contemporáneas á las de Santa Catarina? ¿Corresponden á una misma fractura? Para resolver la primera cuestión sólo un argumento de poco peso nos hace suponer las andesitas de Guadalupe anteriores á las de Santa Catarina, sin por esto interponer un gran espacio de tiempo; y es la degeneración casi constante de cristalinidad de las rocas hipersténicas de las andesitas de Guadalupe á las de Santa Catarina, de la misma manera casi que en la grande serie de corrientes sobrepuestas del Popocatepetl, de andesitas hipersténicas, disminuye la cristalinidad de las inferiores á las superiores.

La completa destrucción de cráteres en Guadalupe es otro argumento en favor de la idea de su anterioridad. Admitiendo pues, á priori, la anterioridad de las andesitas de Guadalupe, es fácil considerar sus erupciones como diferentes de las de Santa Catarina, es decir, dos centros diversos de acción volcánica. El Peñón de los Baños parece ser el límite muy atenuado de esta acción volcánica de Guadalupe.

Se halla en su mayor parte localizada la región basáltica de la Cuenca de México hacia su límite S., en una vasta zona sembrada de numerosas bocas volcánicas, por las cuales se ha verificado esta verdadera inundación de rocas de olivino. La faja que comprendemos en nuestra Carta sólo representa una pequeña fracción de esta gran zona que vemos extenderse en los Estados de Morelos y México, donde podrían contarse los cráteres por decenas y las corrientes de lava por kilómetros. Nos limitaremos solamente á una sucinta descripción de los volcanes del mapa: á la simple inspección se notan dos filas de conos en color rojo casi todos, por estar formados en general de restos. Los dos más elevados son los volcanes de Cuautze y Tlamolo de la fila del S.

Uno de los más interesantes conos de esta región es el volcán llamado Xitli, que en lengua mexicana significa Temaxcali. La vasta corriente de lavas á que ha dado nacimiento, ocupa una superficie de más de 60.000,000 de metros cuadrados. El cono terminal es de fuerte pendiente, y el cono de lavas se ha prolongado hacia el N. hasta la parte plana de la Cuenca. La corriente basáltica ha cubierto, en una parte de su extensión, las andesitas de hornblenda é hiperstena que formaron parte de los flancos del Ajusco. El cráter circular del Xitli tiene la forma de un embudo, siendo su diámetro en la boca de cerca de 250 metros. Los taludes interiores son generalmente regulares, sobre todo hacia el N.E., donde un derrumbe ha producido una verdadera rampa. Al S.O. está la parte más elevada del borde, el que presenta dos depresiones en la dirección de un diámetro; el fondo del cráter se halla

ocupado por grandes cantos desprendidos de las paredes, y la diferencia de altura de la parte más elevada del labio al fondo, es próximamente de 115 metros.

En la parte superior del cráter se nota un reborde más alto, que parece indicar dos tiempos de emisión de escorias. Las lavas comienzan á aparecer en la base del cono terminal con los caracteres como de un baño enteramente fluido que ha debido escurrir en dirección de las más grandes pendientes, es decir, hacia el N., donde llegaba rápidamente á la planicie de la cuenca, disminuyendo poco á poco de velocidad y espesor, á la vez que se ensanchaba. En el mapa se ve claramente la forma y contorno de esta corriente. El aspecto de su superficie es rugoso, proveniente de su gran fluidez, delincando series de curvas concéntricas en las direcciones parciales de escurrimiento conforme á las pendientes. El espesor de la lava en su término, cerca del pueblo de Coyoacán varía de 5 á 10 metros, la roca es ampollosa en las dos superficies superior é inferior, algo más pronunciada en la primera, y demuestra un activo desprendimiento gaseoso. La corriente, al partir de la parte superior, describe una curva dirigiéndose hacia el N.E. y adaptándose á las depresiones del terreno, pues la barrancas inmediatas siguen precisamente esta dirección. La longitud máxima de la corriente puede estimarse en 13 kilómetros, y la mayor anchura en 5 kilómetros. Algunos cerros formados de andesitas han sido flanqueados y han quedado á descubierto en medio de la corriente, como el cerro de Zacatepec, de 50 metros de altura sobre los basaltos, y otro cerro más pequeño al S. de aquél; notándose claramente las bifurcaciones que en la corriente ha ocasionado el encuentro de estos pequeños macizos rodeados por los basaltos. En su extremidad, las lavas descansan sobre depósitos recientes y tierra vegetal con señales de calcinación por la temperatura de las lavas. En estas capas hemos encontrado restos de cerámica fabricada por nuestros antiguos indios, demostrando hasta la evidencia la erupción reciente de las lavas del Xitli. Al S. de éste se ven los volcanes de Malinalli, inmediato al pueblo de Ajusco; el Pelón, perfectamente cónico y de gran cráter, y el Ollamello que está en parte destruido.

De aspecto muy semejante al del Xitli, por la fluidez y el derrame hacia el N., de sus lavas, es el volcán llamado de Xicalco. El cráter es más pequeño y menos profundo que el de aquél y tiene un pequeño cráter parásito inmediato. Las lavas del Xicalco rodean igualmente las faldas de algunos cerros andesíticos, siendo el más notable el cerro de Xochitepec donde el escurrimiento se bifurcó de igual manera. Las lavas de los pequeños volcanes comprendidos entre el Xicalco y el Teutli se confunden á menudo á causa de

su proximidad. Hay tres ó cuatro conos pequeños en este espacio, no bien definidos, que han arrojado inmensas cantidades de lavas, sobreponiéndose unas á las otras las corrientes. Su escurrimiento se dirige constantemente hacia el N. siendo esta la primitiva pendiente del terreno. En este flanco se ven escalones sucesivos cubiertos en parte por rampas de cenizas finas. Entre las más recientes emisiones de esta región, citaremos una pequeña corriente arrojada por el cono de Tzamponi de 3 kilómetros próximamente de longitud y de muy poco espesor, muy fluida y que descansa sobre las tobas y cenizas de erupciones anteriores y una capa delgada de aluvi6n al pasar por una barranca pequeña. Esta corriente se puede ver claramente cerca del pueblo de San Mateo sobre el camino que va de dicho pueblo á Topilejo.

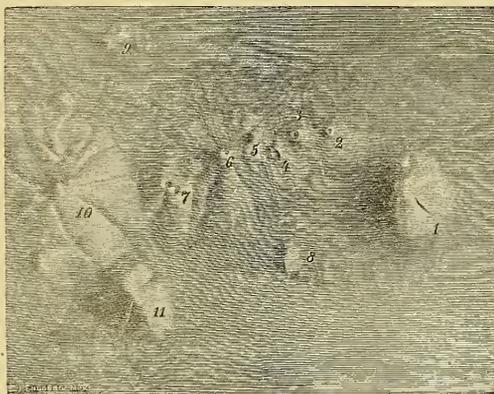
El volcán Teutli, el último de la serie al E. es característico por la perfección del cono de su base y por tener un pequeño cono parásito hacia el O. El elevado volcán de Cuantze arrojó hacia el N. una corriente angosta y alargada que se distingue con facilidad, lo mismo que una del Teutli, en dirección contraria á la anterior y más pequeña, encontrándose las dos en el fondo del valle entre los dos volcanes.

La fluidez y escurrimiento de las lavas de los volcanes de Xitli, Teutli y Xicalco se comprueba por las numerosas grutas que existen en estas corrientes. Las grutas tienen á veces más de 100 metros de longitud. En sus paredes se observan estalactitas de unos cuantos centímetros de longitud y en el suelo se ven las huellas de verdaderos ríos impetuosos de lava, estando regadas, por decirlo así, en varios puntos por aglomeraciones de gotas basálticas estalacmíticas.

Las lavas de todos estos volcanes, bajo el punto de vista petrográfico, ofrecen semejanza; son de color negro, negro-agrisadas ó grises compactas ó ampollosas. Su magma vítreo contiene una fuerte porción de hierro oxidulado, microlitas de labrador, de augita y algunas veces de hiperstena. El olivino en grandes fragmentos que es abundante en los basaltos del Xitli, Xicalco y Teutli es escaso en los basaltos del Ollamello y Pelón. Los cristales grandes de labrador y de augita no son muy abundantes, salvo en algunas de las corrientes inferiores como se ve en los escalones más bajos que descansan en la llanura frente á Xochimilco. El cerro cuyos flancos bordea el camino real de Cuernavaca, entre San Mateo y Topilejo á la derecha, está formado en una gran parte por una roca algo alterada microlítica compuesta sólo de labrador y augita. El estado muy vítreo de algunas de estas lavas les da el aspecto de la Tachilita. Todas estas rocas serán descritas con más extensión en la memoria detallada.

Parece haber una transición insensible entre las andesitas de hiperstena y las labradoritas según se ve en el cerrito del Peñón de los Baños, donde existen unos como lunares de labradorita de piroxena en medio de las obsidias andesíticas. Igualmente, pocas diferencias se observan entre las labradoritas del cerro de Chimaluacán y las andesitas de Santa Catarina. Y no sólo: algunas de las variedades de andesitas del cerro de Guadalupe tienen el aspecto de labradoritas, pues en su pasta microlítica aparece algunas veces el labrador y la oligoclasa juntos.

LOS VOLCANES DE SANTA CATARINA.



PLANO DE LOS VOLCANES DE SANTA CATARINA.

- | | |
|---------------------------------|----------------------------------|
| Núm. 1.—Cerro de Ixtapalapa. | Núm. 6.—Cerro de Santa Catarina. |
| Núm. 2.—Cerro de San Nicolás. | Núm. 7.—Las Calderas. |
| Núm. 3.—Cerro de Xallepec. | Núm. 8.—Cerro de Peñón Viejo: |
| Núm. 4.—Cerro de Tecomatitlán. | Núm. 9.—Cerro de Xico. |
| Núm. 5.—Cerro de Santiago. | Núm. 10.—Cerro de Pino. |
| Núm. 11.—Cerro de Chimalhuacán. | |

En la faja de tierras firmes y un tanto pantanosas que separa el lago de Texcoco, de los de Chalco y Xochimilco, se extiende una cadena de cerros alineados cuyas alturas se elevan gradualmente. Esta cadena que se interpone entre los lagos impidiendo la unión de sus aguas que en otro tiempo bañaban sus flancos, la convertían en una isla, estando también sumergida la llanura que separa á estos cerros de el de Ixtapalapa y que forma parte igualmente de este sistema de cerros. Cada uno de ellos tiene un nombre particular con el cual se le designa; pero para la fisiografía del conjunto los designaremos con el nombre de Santa Catarina, aplicado especialmente al más elevado de

estos cerros en cuya base por el S.E. asienta la pequeña población del mismo nombre.

La notable uniformidad de sus pendientes, la forma de conos truncados perfectos hace presumir, observados aun á distancia, como siendo cada uno de ellos un volcán, en un estado de conservación tan claro y perfecto como si hubiesen tenido lugar hace muy poco sus erupciones.

En los volcanes de Santa Catarina se pueden estudiar con el más gran detalle todos aquellos fenómenos de que deja vestigios la erupción: aquí la corriente torpe y lenta de una lava semifluida formando una eminencia en el momento y lugar en que aparece; allá una pequeña grieta que abierta repentinamente deja aparecer un cúmulo de lavas en igual estado; ora los productos de trituración y de pulverización se ven acumulados formando poderosos bancos y brechas de fragmentos más ó menos esponjosos, constituyendo la masa de los conos, ó bien las arenas impalpables que á su vez cubren á las brechas adquiriendo un talud natural y regulando la pendiente, que muere suavemente en la llanura que les sirve de base y hasta donde se ven extenderse las cenizas.

Esta vasta región de inmenso caudal para el estudio de los fenómenos volcánicos, situada á pocos kilómetros de nuestra Capital, permite fácilmente un detenido estudio; sin embargo es relativamente poco conocida y solamente algunos datos interesantes nos son dados en el opúsculo de los profesores Felix y Lenk.

El plano adjunto da una idea de la configuración topográfica general de esta región, notándose desde luego una gradual elevación desde el pequeño cráter de San Nicolás, que se halla situado al O., hasta el de Santa Catarina, cuya diferencia de nivel con la llanura de Los Reyes es poco más ó menos de 450 metros, de donde se desciende bruscamente para llegar poco más al N.E. á los cráteres de tobas llamados Las Calderas, y que deben considerarse bajo el punto de vista topográfico como el extremo N.E. de esta pequeña serranía.

Cada una de las eminencias, sin excepción, lleva en su cima un cráter, ya perfecto ó más ó menos incompleto; en este último caso la forma ha sido modificada por efecto de repetidos paroxismos acaecidos en lugares próximos y á consecuencia de los cuales nuevos cráteres se ven aparecer destruyendo los primeros. La vista que adjuntamos, tomada desde el cerro de Xico, nos da clara idea del característico aspecto del conjunto, y la forma de cada uno de estos aparatos que ofrecen entre sí notables semejanzas, hasta en la regularidad y uniformidad de sus pendientes, dando lugar á definirlos por la unión

relativa que existe en todos ellos como un centro eruptivo perfectamente caracterizado, cuyas violentas manifestaciones sucesivas é inmediatas debieron desalojarse según una dirección que cedía fácilmente al impulso de las fuerzas interiores. Los productos ligeros, tales como las cenizas, etc., arrojados por cada uno de los cráteres, han cubierto con espesores diferentes estos conos, formados en general de brechas; pero donde las acciones atmosféricas han determinado en éstos la formación de surcos poco profundos y regulares que siguen la dirección de las generatrices de los conos; dichas cenizas y arenas, elementos incoherentes, en su acumulación han obedecido á las simples leyes de la gravedad para conservar su talud natural.

El cono de Santa Catarina es de los más completos de esta importante cadena de volcanes y en él se pueden distinguir las tres partes principales: el cráter, que es casi circular, con un diámetro aproximado de 300 metros; la parte más elevada del borde se halla hacia el N.O. y alcanza una profundidad de 120 metros. En el fondo cuatro pequeños montículos se hallan esparcidos, demostrando los efectos atenuados del fin de una erupción. Las pendientes interiores de este cráter son en parte uniformes y en parte más ó menos desgarradas, á consecuencia de constantes, aunque no muy grandes derrumbes.

El cono terminal está formado de brechas de tezontle ó sea de fragmentos de lavas ampollosas, escorias, arenas volcánicas de color negro, rojizo y rojo; este cono de rocas trituradas forma las paredes del gran cráter; las pendientes que define el exterior son, por término medio, de 35° á 38°.

El cono de la base, de débil pendiente, en general imperfecto, está constituido por un gran número de montículos de corta elevación, unidos los unos á los otros, y que se elevan sensiblemente hasta tocar el cono terminal; otras veces aparecen bajo la forma de alargados y escabrosos contrafuertes. La roca compacta ó más ó menos ampollosa de que están formados dichos montículos, se halla dividida por lo general en fragmentos de grandes dimensiones, sobrepuestos los unos á los otros sin ninguna regularidad.

Este estado fragmentario de la lava hace perder al conjunto los caracteres que en muchos de estos montículos debieran ofrecernos, como aquellas estructuras que en la superficie manifiestan las corrientes de lavas completamente fluidas, como sucede para las lavas basálticas del volcán de Xitli, al S.O. de la cuenca y en las faldas del Ajusco.

El aspecto de la lava en estos montículos constituidos de blocks de variadas dimensiones, parece ser el efecto de una división que experimentan en su enfriamiento las lavas que vienen en incompleto estado de fusión, y que la

corta extensión longitudinal de estas corrientes nos ofrece una comprobación.

Aspectos fragmentarios análogos y en corrientes accidentadas y de corta longitud los hemos observado en algunos otros volcanes, como sucede en muchos de los que se encuentran al E. y S. de la montaña del Ajusteco, en el límite S. de la cuenca mexicana; siendo de notarse que la poca fluidez en las lavas es más frecuente para rocas volcánicas modernas de carácter andesítico, que para las basálticas que dan corrientes muy fluidas y de grandes extensiones y que encontramos en muchas regiones del país.

Estando perfectamente formado el cono terminal de Santa Catarina, y no existiendo las lavas macizas sino desde el pie de este cono, parece natural suponer que han sido lanzadas por aparatos secundarios ó pequeños conos adventicios ya destruidos, ó simplemente por grietas que, obstruidas por estas mismas lavas, se han perdido, sin dejar vestigio de los lugares precisos de emisión.

Es muy posible también que las lavas hayan aparecido por el cráter central, por el cual también se haya verificado la erupción de cenizas y de lavas ampollosas que, acumuladas en la base, han formado el actual cono terminal y cráter, siendo la erupción de estos productos la que ha marcado el fin de las erupciones.

Sin embargo, las acumulaciones de arenas y cenizas que alrededor de Santa Catarina cubren pequeñas extensiones, marcan el lugar de algunas pequeñas erupciones en que á la vez que las lavas eran expulsadas, las cenizas y productos triturados los acompañaban definiendo ahora, aunque destruidos, estos conos.

Casi en la base del cono terminal de Santa Catarina, por el lado O., se enlaza por un pequeño puerto esta montaña con el cerro llamado de Santiago, que tiene una altura poco menor. Su forma en la cima es arredondada y en la parte que ve hacia el N. después de ofrecer una pendiente fuerte y escarpada, se prolonga abajo en un alargado estribo más ó menos ramificado cerca de su extremidad en la llanura, ligándose por el O. con los flancos de Santa Catarina. El cerro de Santiago y su estribo del N. formado de rocas compactas en lajas y en estado fragmentario, ofrece con muy pocas diferencias caracteres análogos á los del cono de la base del de Santa Catarina, á más de notable semejanza en la estructura y naturaleza de las rocas. Más fuerte escarpadura presenta Santiago por el S. cerca de su cima; y en medio de los escombros y acumulaciones que los derrumbes han debido ocasionar, se levanta un gran semicírculo escarpado que encierra á dicho cerro y cuyas pen-

dientes hacia afuera, tan fuertes al principio como un cono terminal, se suavizan más abajo como cono de la base y las rocas se prolongan hasta el pequeño pueblo de Tlaltenco, á las orillas del lago de Xochimilco.

Es fácil observar que este grande semicírculo es el resto de un cráter de grandes dimensiones, y en el que la forma de cono truncado de su parte superior es perfecta cuando se observa por el exterior; por ejemplo, desde dicho pueblo de Tlaltenco, estando constituido este cono en su mayor parte de roca compacta, análoga á la del cerro de Santiago.

El cerro de Santiago es de los más interesantes de la cadena de Santa Catarina, en lo que se refiere á su forma, muy análoga á la de los "Puys" de Auvèrnia en Francia, cuyas formas mamelonadas son bien características en otras muchas regiones exclusivamente volcánicas. La salida de lavas incompletamente fluidas del centro de un cráter de lava, ha originado su acumulación en el punto mismo en que han debido aparecer, no sin dar lugar á una corriente que al desbordarse produjo la destrucción del borde N. de este cráter; corriente que con extraordinaria lentitud, á juzgar por su forma y espesor, pudo prolongarse hasta la llanura, como ya dijimos, y á la que se habían de unir aquellas corrientes dependientes del volcán de Santa Catarina.

Respecto al carácter viscoso de las lavas en relación con la forma que conservan por su incompleto estado de fusión, Judd, en su obra "Volcanoes," cita algunos casos: "The less liquid lava like those of Hungary and Bohemia, are not usually found following to such distances from the vent but form dome shaped mountain masses."

La parte en que se extienden las lavas en esta serranía, queda definida por la que comprenden los conos de la base del volcán de Santa Catarina, y su vecino al O., el mamelón y corriente de Santiago. Todos los demás conos que se escalonan hacia el O. están formados en su mayor parte de escorias y cenizas, encontrando frecuentemente en los bordes de estos cráteres fragmentos de variadas dimensiones de roca compacta y vítrea, verdaderas bombas volcánicas en que la ausencia de elementos cristalinos de dimensiones apreciables acusa su violento enfriamiento.

Una vez atravesado el medio cráter de lava de Santiago, y descendiendo por los flancos exteriores del O. una grande semi-elipse formada de brechas de escoria y cenizas, indica la existencia de otro cráter destruido en sus bordes del E. por el medio cráter de Santiago, lo que hace notar inmediatamente la anterioridad de este último. El eje mayor de esta semi-elipse tiene una dirección aproximada de N.E. á S.O. con una longitud de 250 metros, y la diferencia de altura del fondo á la parte más alta del labio conservado será apenas de 30 metros.

Este conjunto de cráteres en parte sobrepuestos y el mamelón que ocupa el centro de uno de ellos, es, pues, un lugar que representa lentitud en el desalojamiento del fenómeno volcánico, é indica en esa dirección también el sentido en que han tenido lugar las sucesivas erupciones á lo largo de la grieta ó línea de menor resistencia, definida por la dirección que marca la línea de unión de los centros de los cráteres.

En los flancos del O. exteriormente, este segundo medio cráter se cubre con abundancia de cenizas, lo mismo que en los flancos del S.; las rampas exteriores, vistas por este último lado, son perfectas y uniformes.

Un pequeño puerto se interpone en la base de este último, y vemos un nuevo cráter menos elevado y de menores dimensiones que el anterior, y el que le sigue al O. Está caracterizado por la notable regularidad en las pendientes exteriores del E. y S., cubiertas de finas cenizas negras. La parte O. y N.O. del borde, fuertemente deprimida, da el aspecto de un cráter inclinado, enfrente del cual, un montículo de lavas, escorias y cenizas, representa los productos arrojados, cuando una vez formado dicho cráter un nuevo impulso daría lugar á la abertura de una grieta que destruiría con los nuevos productos arrojados una gran parte de los bordes del O.

Entre los conos más perfectos del grupo de Santa Catarina se cuenta sin duda el que se designa con el nombre de Xaltepec, que sigue inmediatamente hacia el O. al pequeño cráter abierto, tanto por la altura, poco más ó menos igual del borde de su cráter, como por la regularidad exterior y la forma de éste, que es casi circular. Está formado en su mayor parte de escorias rojas ó negras, observándose claramente en la parte interior del cráter, pues que están cubiertas en la superficie exterior del cono por finas cenizas de color negro. Un fenómeno curioso es digno de notarse en este cono de Xaltepec, y es el que demuestra la acción de los vientos sobre las finas cenizas que lo cubren. Como la mitad del cono que mira hacia el N.E. está expuesta libremente á los vientos más frecuentes, las cenizas han sido arrastradas dejando á descubierto una parte de las escorias de color rojizo, á diferencia de la mitad del S.O., resguardada á esta acción por el cono inmediato, que está cubierto completamente de cenizas negras. Este notable contraste que á primera vista se nota, es acentuado cuando se observa á cierta distancia, pues el aspecto de la superficie ligeramente rugosa de la escoria que favorece un tanto una vegetación seca y de pequeña talla, es distinto del liso y completamente desnudo de la porción cubierta de cenizas. La palabra india mexicana Xaltepec con que ha sido designado este cono, expresa claramente la abundancia de cenizas, pues es voz compuesta de las palabras *Xalli*, arena, y *tepetl*, cerro.

La última elevación de la pequeña cadena por el O. es el pequeño cerro de escorias de San Nicolás, inmediato á la hacienda del mismo nombre. La altura de este cono es de 60 metros solamente, sobre la llanura. Su cráter mide de profundidad 30 metros próximamente, y su diámetro es de 180 metros.

La extensión que en la llanura, alrededor de estos volcanes, ha sido cubierta por los productos de las erupciones, es relativamente corta. Las arenas y cenizas han sido en parte sedimentadas por las aguas, las que han formado lechos de débil espesor, alternando algunas veces con capas de diferente color y dimensiones en el grano. Estos depósitos pueden verse claramente sobre el camino que pasa en el puerto al O. del cerro de Santiago, y que va del pueblo de Santa Cruz á los de Santa Catarina y Tlaltenco.

Las tobas calizas arcillosas que ocupan, como veremos, una parte del subsuelo de la planicie de la cuenca, se presentan en algunos lugares casi tocando las corrientes lávicas de Santiago y Santa Catarina, y es fácil ver una delgada capa superficial de toba caliza conteniendo gran cantidad de arenas y cenizas como una argamaza, completamente reciente, atendiendo á que casi en épocas históricas las aguas de los lagos alcanzaban sus orillas casi el pie de esta pequeña cadena.

Los productos más ligeros de las erupciones son llevados actualmente por los vientos á distancias un poco mayores, y así se ven en el llano entre Xaltepec, San Nicolás é Ixtapalapa, cubriendo á las tobas calizas y formando pequeños montículos; la dirección del viento puede reconocerse por finos surcos que se suceden, como las huellas que dejan sobre la arena los movimientos de las olas de las playas.

La muy débil pendiente que origina en la planicie la acumulación de arenas y cenizas de los cráteres que siguen al Santiago, se altera en uno que otro punto; el terreno ligeramente levantado deja ver pequeñas reventazones de rocas compactas rodeadas algunas veces por brechas de escoria ó tezontle, y cuyo conjunto demuestra la existencia de pequeños cráteres secundarios muy destruídos por el tiempo, pero en algunos se puede todavía reconocer el cráter. De este caso podremos citar el montículo de arenas que rodean á las curiosas peñas llamadas "Teotines" al S. y muy cerca del pueblo de Santa Cruz.

La disposición general de los cráteres de Santa Catarina da la idea de hallarse distribuídos sobre una línea de fractura ó una grieta que ha permitido la emisión de productos del interior, acompañada de todos aquellos fenómenos que caracterizan la erupción, ofreciendo en distintos lugares de esta línea la serie de fenómenos en diferentes grados de intensidad.

La acción volcánica se manifestaba de una manera sucesiva á lo largo de esta grieta, en dirección del O. hacia el E., como se observa palpablemente cuando se recorre la cadena en esa dirección, pues cerca del mamelón de Santiago vemos un cráter cuya mitad ha sido destruída con la aparición del cráter de lavas que al E. apareció, y que dió nacimiento á la corriente de Santiago, destruyendo á su vez parte de aquel cráter.

La sucesión de los fenómenos á lo largo de la línea y al partir desde su límite, suponiendo la acción de una manera local, comenzaría en el cerro de Ixtapalapa, continuaría en San Nicolás, Xaltepec, etc., aumentando de intensidad para arrojar lava en el inmediato cono abierto, disminuiría después y aumentaría de nuevo para dar lugar á una nueva emisión de lavas.

En los conos de San Nicolás, Xaltepec y su inmediato siguiente al E., dominó la emisión de fragmentos de lavas que llegaron á la superficie casi en completo estado de enfriamiento, fragmentos aglutinados en brechas, arenas y cenizas que se cubrían sucesivamente en los conos en vía de formación. Más al E., un mayor ensanchamiento había de permitir con la mayor intensidad, la formación de un cráter de lavas y la aparición de una corriente semifluida, el enorme mamelón de Santiago, y continuaría un completo paroxismo en el volcán de Santa Catarina, cuya emisión de lavas, no todas tal vez, tuvo lugar por la boca de su cráter, y donde la altura y extensión de esta grande chimenea indica desde luego el máximo de intensidad. Esta grande acción volcánica se contiene momentáneamente en las Calderas y el volcán del Pino, para continuar después en Tlalmanalco.

ANDESITAS AUGÍTICAS DE HIPERSTENA.

Pocas diferencias pueden establecerse petrográficamente entre las rocas de las corrientes del mamelón de Santiago y las que forman el cono de la base y corrientes secundarias del volcán de Santa Catarina. A la simple vista las lavas de este último son de color negro, generalmente ampollosas y sin elementos cristalinos discernibles, en tanto que las del Santiago, más compactas y de color negro, dejan ver cristales, fragmentos y agrupaciones cristalinias de color blanco sucio, amarillentas y parduscas, y es por consiguiente más acentuada la estructura porfiroide macroscópicamente.

Las láminas delgadas de rocas de distintas partes de la corriente de Santiago, desde sus extremidades hasta la cima del mamelón, no presentan diferencias apreciables de estructura ni composición, apenas sí, más ó menos abundancia de elementos cristalinos de primera consolidación. Un magma amor-

fo de color pardo constituye la pasta general, devitrificada en numerosas y muy pequeñas globulitas, transparentes en su medio á los mayores aumentos. Este magma cimenta ó rellena los intersticios que dejan entre sí un gran número de microlitas y granos de augita débilmente coloridas en que dominan sus alargamientos prismáticos; hay algunos cristalitas de hiperstena, cuya diferencia con la augita se establece por su extinción recta y policroismo, pues aparece casi exactamente con la misma coloración que la augita. Las microlitas feldespáticas que acompañan á las piroxenas cuyo conjunto define la segunda consolidación, son de oligocasa y aun de labrador, y en dimensiones iguales ó un poco mayores á las de augita. El olivino se encuentra como mineral de más antigua generación, en granos arredondados y muy poco numerosos, algo alterados en la periferia y de colores intensos de polarización. La hiperstena se halla en grandes cristales corroídos y agrietados. El hierro magnético, en granos de variadas dimensiones, se encuentra diseminado en el magma. Las preparaciones manifiestan frecuentemente secciones nodulares ó segregaciones formadas de un conjunto finamente granular de pequeñas microlitas feldespáticas, fierro muy dividido y granitos de augita, hiperstena y olivino, y que se observan en la superficie de la roca, á la simple vista, con aspecto de nódulos de color amarillo sucio.

No se observa al microscopio el menor indicio de estructura fluidal en las rocas del mamelón ni en las de la corriente, circunstancia que unida á la pequeñez de las microlitas del magma, demuestran el rápido enfriamiento á que fueron sometidas estas lavas, viniendo en el estado viscoso ó poco fluido que ya hemos reconocido por la forma y extensión limitada de la corriente.

En algunos lugares más cerca de la base del mamelón y en éste, aunque conservando la roca el mismo aspecto exterior, el magma pardusco cesa de estar devitrificado en globulitas, á la vez que la hiperstena microlítica que hemos observado en la roca anterior, degenera en gran parte casi á formas cristalíticas por su pequeñez. Los granos de olivino son mucho más raros.

La roca en lajas delgadas que forma el medio cráter que circunda al mamelón, es de color gris y contiene diseminados también granos y partes granudas de color verde olivo y pardo, que á primera vista pueden confundirse con el olivino. Al microscopio el magma amorfo, mucho más abundante, se distingue del de las rocas anteriores en ser incoloro y perfectamente transparente, sembrado de partículas generalmente opacas y algunas finas y cortas agujas. Las microlitas de augita, que como las feldespáticas, están diseminadas, se destacan más claramente por su débil color amarillo y su relieve característico. Playas extensas y cristales de augita, de grandes dimensiones

relativamente, comparadas con el tamaño de los cristales dominantes, se asocian en lagunas más ó menos extensas, tendiendo á una estructura que difiere de la general. En lo demás esta roca á los nicols cruzados, tiene gran semejanza á la roca de la corriente que aparece del medio de este cráter.

La roca de las Peñas Teotines, por la abundancia del labrador, bajo la forma de microlitas alargadas en macles de la albita, el óxido de fierro finamente dividido en el magma y la mayor frecuencia del olivino, aunque siempre de carácter accesorio, nos hace referirla más bien á las labradoritas, siendo de notarse que las microlitas de pequeños ángulos de extinción se encuentran en formas incipientes y en escaso número.

Poco hay que decir de las rocas de las corrientes de Santa Catarina, pues que convienen en gran parte con la descripción correspondiente á las rocas de Santiago.

SIERRA DE LAS CRUCES.

De las sierras que limitan la Cuenca de México, debe considerarse como más importante la de Las Cruces, con las porciones que han recibido diferentes denominaciones y que no constituyen más que su prolongación, como Sierra de Monte Alto, Sierra de Monte Bajo. La importancia de la Sierra no solamente lo es por su extensión longitudinal, sino aun por su anchura y la serie de altas montañas que forman, por decirlo así, el espinazo de la Sierra. La longitud puede estimarse desde el elevado Cerro del Ajusco, de 3,850 metros sobre el nivel del mar, hasta el grupo de montañas que se extienden en la región más septentrional del Estado de México y S. del Estado de Querétaro.

La dirección general á que obedecen las principales eminencias que forman la Sierra de las Cruces y su prolongación N., puede considerarse en dos partes: la primera, que comprende las cimas principales, parte del Ajusco hasta el Cerro de San Miguel bajo un ángulo de 45° próximamente, en tanto que del Cerro de San Miguel hacia las cumbres de Las Cruces, La Malinche y Monte Bajo, la orientación es de 10° N.O.

Puede decirse que la Sierra de Las Cruces se define por una sola cresta sobre la que se escalonan las alturas principales, y que hacia uno y otro lado parten barrancas profundas, talwegs y depresiones del terreno, que dan cabida á arroyos de consideración, que alimentan por el E. los receptáculos ó lagos de la Cuenca de México, y por el O. al Valle de Toluca, formando las aguas superficiales y las subterráneas las fuentes y el lago pantanoso que da origen al Río de Lerma cerca de la población del mismo nombre.

Fuera de la cresta principal de la Sierra se encuentran también montañas elevadas, excéntricas, por decirlo así, y que modifican naturalmente la configuración general, como por ejemplo, del lado del E. los cerros de la Magdalena, el de San Bartolo, el Cerro de La Chiluca, etc., y por el O. los cerros de Salazar que dan lugar á una meseta elevada llamada los llanos de Salazar, casi en el vértice de la inflexión de la Sierra para pasar de la dirección de San Miguel al Ajusco á la de San Miguel á Monte Alto.

De las montañas más elevadas se desprenden naturalmente ó toman nacimiento las más profundas barrancas, como por ejemplo, de la cima de los cerros de La Campana, del Ajusco y vertientes meridionales de San Miguel, la barranca de la Magdalena, dando nacimiento á un arroyo importante cuyas aguas alimentan algunas fábricas establecidas á lo largo de dicha barranca. De las barrancas y cañadas del grupo de cerros de San Miguel en donde dobla justamente la Sierra, se forma una grande herradura en la que de los talwegs secundarios, aparece el grupo de manantiales que se designan con el nombre del Desierto y de Los Leones que surten á la Ciudad de México. De las montañas de Las Cruces en la falda S. nacen los manantiales del Agua Azul, y así sucesivamente hacia el N., como en Acopilco, Chimalpa, etc., toman nacimiento nuevas fuentes de caudal siempre menor.

Sobre una carta topográfica de esta región se podría ver con claridad que los arroyos de la región del S.O. hacen una curva para derramar sus aguas en dirección del E., en tanto que más al N. la dirección de los arroyos es en general de O. hacia el E., reuniéndose los unos á los otros para formar lechos de agua de mayor consideración, los que algunos solamente en la temporada de lluvias llevan agua á los lagos, debiéndose considerar como principales de los que caen dentro de la cuenca de México, el arroyo de Magdalena, que vierte sus aguas en el Lago de Xochimilco; los arroyos de San Borja y de los Morales, que vierten sus aguas en el Lago de Texcoco, formando el último la parte principal del río llamado del Consulado. Más al N., los ríos de Los Remedios y Tlalnepantla, que desembocan cerca de Guadalupe y que nacen en las montañas de Monte Alto. De la Sierra de Monte Bajo nacen los ríos de Cuantitlán y una parte del Río de Tepotzotlán, Río del Oro, etc., recibiendo los primeros una salida artificial de la Cuenca de México por el Gran Canal de Nochistongo.

Respecto á las diferencias que pueden establecerse en la configuración por caracteres que dependen en general de sus pendientes, se pueden dividir en dos partes, las que á su vez van de acuerdo con la naturaleza petrográfica de sus rocas. La primera, desde la base hasta media altura de las montañas, es

de pendiente suave, ondulada y subdividida en multitud de talwegs y barrancas pequeñas, profundamente desgarradas por erosión, y que hemos designado con el nombre de región de Las Lomas, que se extiende sin interrupción en toda la vertiente oriental de la Sierra, formada de material toboso en general, interrumpida algunas veces por pequeñas eminencias constituidas de rocas eruptivas macizas como el Cerro del Judío, Chapultepec, los cerros de Los Remedios, Moctezuma, El Tigre, El Cincoque, etc. La segunda parte, que la forma la parte superior de las montañas de la Sierra, de pendiente fuerte, algunas veces escarpada, con grandes acantilados en sus regiones más expuestas y que se caracteriza en la actualidad por ser aquella donde florece la vegetación alpina, diferenciándose de la región de Las Lomas, desnuda, con la escasa vegetación que ha podido desarrollarse después de la gran tala desde tiempo inmemorial. En la región superior ó escarpada, digamos así, es donde se extienden casi exclusivamente las rocas macizas.

De esta sierra occidental de la Cuenca de México se desprenden dos grupos de montañas de consideración, que tienden á hacer irregular el contorno de la Cuenca, separándola en dos partes principales que alimentan dos grupos de lagos y forman dos grandes senos por decirlo así: uno de los grupos se designa con el nombre de Sierra de Guadalupe, la que limita la vertiente por el N. de la alimentación que reciben de la Sierra de Las Cruces los lagos de Xochimilco y Texcoco. El otro grupo de montañas recibe el nombre de Tepotzotlán, con montañas más elevadas que el primero y definiendo la alimentación occidental de los lagos de San Cristóbal, Xaltocan y Zumpango, pues las vertientes del N. del grupo de Tepotzotlán quedan fuera de la Cuenca de México.

Dijimos ya que en la sierra del O. de la cuenca de México dominan exclusivamente dos tipos principales de rocas eruptivas: las traquitas y las andesitas, con todos los pasos y transiciones posibles de las unas á las otras, siendo las especies intermediarias las que se encuentran con mucha frecuencia, aunque no en grande extensión.

Juzgando que la parte más importante de la clasificación es la determinación precisa de los feldspatos de las rocas, hemos procurado hacer las medidas de su extinción en la luz polarizada, valiéndonos de las zonas más constantes y características, prefiriendo en todo caso el empleo de la zona perpendicular á g_1 y la zona pg_1 , así como el estudio de los cristales zonados, que son muy abundantes en estas rocas. Para las microlitas de segunda consolidación, es sumamente difícil cualquiera medida á causa de su pequeñez en general, ó bien á una confusa polarización de agregados microlíticos.

Hemos dicho también que las traquitas francas ó rocas que á la simple vista tienen un habitus claramente traquítico, ocupan en el terreno una posición que autoriza á suponerles como de mayor antigüedad en aquella sierra y serán las primeras que estudiaremos.

TRAQUITAS DE HORNBLENDA.

Las montañas de la sierra de las Cruces, formadas exclusivamente de estas rocas, ocupan una posición excéntrica al eje medio de la sierra, interrumpiendo, por decirlo así, la configuración general, pues que el lento descenso hacia la planicie de la cuenca, se interrumpe por estos macizos de pendiente fuerte y de cimas casi arredondadas. De esta manera se presentan el cerro del Guajolote, el de Moctezuma y el de la Chiluca, los cerros de Chimalpa y el de Texcalac ó de Magdalena.

Las traquitas son de un uso frecuente en la ciudad de México como piedra de construcción y ornamentación, considerado como el mejor material por su dureza, relativa inalterabilidad y susceptible de un labrado fino. Se le conoce con el nombre de *Chiluca*. La estructura en masa es en gruesos bancos, algunas veces semicolumnares, pudiéndose separar blocks de grandes dimensiones. Las hay de dos colores: blanco-agrisadas y rosadas, prefiriéndose las primeras por su mayor dureza y homogeneidad.

El carácter traquítico se revela á primera vista por su coloración clara y rudeza al tacto, finamente vacuolar; en su masa granuda se destacan fácilmente grandes cristales feldespáticos hasta de 0^m008 de longitud, poco lustrosos y delicadamente estriados. Un mineral de color oscuro mancha la roca en puntos diseminados.

El magma de la roca del Guajolote se observa en el microscopio, á la luz polarizada, como un agregado holocristalino de microlitas cónfusamente orientadas y unidas, que su sección cuadrada y extinción recta acusan desde luego su referencia al sanidino, ya simples ó en pequeños macles de Carlsbad. Es notable el magma microlítico por su limpidez á la luz natural, en la que ofrece algunas secciones opacas de fierro oxidulado.

Entre los cristales de primera consolidación, los más abundantes son los de feldespato agrietados, y siempre rotos por acciones mecánicas. Abundan los macles múltiples regularmente escalonados y según la ley de la albita en sus zonas frecuentes, en las plagioclasas; pg_1 con ángulo máximo de 7° sobre g_1 , como tiene lugar para algunas andesinas. Las extinciones sobre p se hacen á 0°; á este macle acompaña frecuentemente el de la periclina. El sanidino es menos

abundante que la andesina y de carácter accesorio, en macles de Carlsbad, y tanto uno como otro feldespato ofrecen en muchas secciones un desarrollo zonar y aun algunas veces una zona de andesina alrededor de un cristal de sanidino. Granos arredondados de cuarzo se presentan de una manera accidental, lo mismo que laminillas de mica parda. La hornblenda es abundante en cristales muy alterados en la periferia, en óxidos ferruginosos y ofreciendo en el centro un fuerte dicroísmo como las hornblendas ferríferas.

Como se ve por la descripción, la composición de esta roca no corresponde á una traquita normal por la escasez del sanidino en la primera generación y la abundancia de las plagioclasas. Sin embargo, insistimos en darle ese nombre por la presencia casi exclusiva del sanidino bajo la forma microlítica.

En láminas delgadas de rocas de la misma procedencia, en el magma microlítico semejante al anterior, se encuentran esparcidas con profusión manchas ó secciones de forma circular más alumbradas á la luz polarizada que el resto del magma. Observadas estas manchas con fuertes aumentos se presentan con delicada y apenas perceptible estructura radiante, adquiriendo la apariencia de rosetas por la irregularidad de sus contornos.

Parece que estas secciones corresponden á una estructura de agregación esferolítica, como tiene algunas veces lugar para microlitas feldespáticas, pues en algunos casos es posible observar ligeras bandas oscuras como macles de microlitas con extinción correspondiente á su alargamiento.

Esta roca, que en todo lo demás conviene á la descripción anterior, presenta accidentalmente cristales de hiperstena y raras veces de augita diseminada en el magma, pero abundante en nidos ó en segregaciones que se perciben aun á la simple vista bajo la forma de manchitas granudas verdes.

Las traquitas de los cerros de Magdalena y de Chimalpa, sin cambiar de aspecto de las anteriores, son un poco más oscuras y resaltan más los cristales feldespáticos á la simple vista. Su magma es un poco más vítreo y las microlitas son más fácilmente reconocibles y exclusivamente de sanidino. Se ven algunos cristallitos de segunda consolidación de hiperstena. Los cristales de primera generación son de sanidino en macles de Carlsbad, cristales en bandas hemitrópicas según la ley de la albita de Labrador, no muy abundantes, secciones prismáticas de hornblenda muy alteradas y reabsorbidas, y muy raras veces se encuentran secciones de piroxena monoclinica.

Tanto en los cerros del Guajolote y Texcalac como en el cerro Gordo, á un lado del camino que va al pueblo de Chimalpa, acompañan siempre á las traquitas blanco-agrisadas; las que tienen un color rosado proveniente por una

alteración muy avanzada de la hornblenda en óxidos rojos de fierro, observándose los cristales de este mineral como formados de agujas, las que se hallan generalmente diseminadas en el magma con los mismos caracteres que las que agrupadas forman los cristales de anfíbola. Es de notarse que en la mayoría de las preparaciones de las traquitas rosadas, no se descubren cristales de piroxena; que si la alteración parece no obedecer solamente á acciones atmosféricas y que también la variación de color coincide con la existencia de mayor número de plagioclasas bajo la forma de microlitas.

Entre los kilómetros 41, 43, y en el 34 del Ferrocarril Nacional que atraviesa la sierra de las Cruces para pasar de la cuenca de México al valle de Toluca, así como en el Cerro Gordo, hemos encontrado unas traquitas de color gris oscuro con abundante magma vítreo fácilmente alterables al aire, transformándose en una masa arcillosa blanca en la que quedan aislados los cristales feldespáticos de color amarillo claro y cristales negros de hornblenda hasta de 0^m015 de longitud. Los feldespatos alcanzan hasta 0^m01 . Aun á la simple vista se puede distinguir el carácter vítreo de su magma que al microscopio aparece ligeramente colorido. Las microlitas son de pequeñas dimensiones de sanidino y á veces acusan estructura fluidal. Estas rocas se hallan en parte penetradas de silisa bajo la forma de ópalo, calcedonia y tridimya, tapizando y llenando pequeñas cavidades. De sus grandes cristales, la mayoría son de sanidino en macles simples de Carlsbad; también se encuentran algunos pequeños de labrador, la hornblenda de fuerte dicroismo del amarillo intenso al pardo oscuro con reborde opaco de avanzada alteración. Las piroxenas se encuentran accidentalmente.

TRAQUIANDESITAS.

Traquiandesitas de hornblenda y piroxena.—La existencia en un magma vítreo de microlitas de sanidino y plagioclasa, da lugar á constituir un grupo de traquiandesitas que se asocian algunas veces á las traquitas que acabamos de describir, pero que en su aspecto macroscópico se distinguen fácilmente de dichas traquitas. Son de color más oscuro, ya grises puramente, rojas, ó grises manchadas de rojo, según su estado de alteración. Contienen un magna amorfo que presenta cierta polarización confusa que hace difícil la determinación precisa de las microlitas.

Sin embargo; es posible reconocer las microlitas simples de sanidino en la zona de aplastamiento común y las microlitas alargadas simples ó macleadas según la ley de la albíta y en la que pg_1 da extinción según su longitud ó bajo ángulos que no exceden de 5° .

En la roca de esta especie del Cerro Gordo cerca de Chimalpa, muy cerca de las traquitas, el magma se halla penetrado de silisa llenando cavidades bajo la forma de calcedonia en globulitos de cruz negra y también atravesando la roca en venitas.

Los feldespatos de primera consolidación están muy hendidos y rotos, reconociéndose como más abundante una andesina ácida en macles de la albita y en cristales zonados. El sanidino en cristales más pequeños en secciones del macle de Carlsbad.

La hornblenda se halla completamente alterada en óxido de fierro en granos aglomerados definiendo la forma del cristal. También se presenta la augita y la hiperstena, en cristales más pequeños que los de hornblenda con un reborde de alteración, opaco.

Una roca asociada á la anterior presenta los caracteres de una brecha por el estado fragmentario de los feldespatos y que á expensas de éstos una parte del magma se hubiere formado. La hornblenda y piroxenas sin dejar de sufrir el hendimiento y alteración se hallan menos fragmentadas.

Las traquiandesitas de color rojizo de las mismas localidades, no se diferencian de las grises, más que en la existencia de agujas de color rojo naranjado diseminadas en el magma y que presentan los caracteres de la hornblenda, aun por la semejanza con los grandes cristales de este mineral, cuya separación ó desagregación en agujas se observa algunas veces con mucha claridad. La augita es abundante en cristales límpidos aglomerados en algunas cavidades definiendo sus secciones prismáticas, muy claros los cruceros.

Traquiandesitas de hornblenda.—Al lado de las traquitas de abundante magma vítreo de los kilómetros 41, 43 y 34 se presentan también traquiandesitas difícilmente separables á la simple vista de las traquitas propiamente dichas ya descritas y que les son semejantes por su pasta muy vítrea en la que nadan microlitas filiformes de oligoclasa y secciones muy pequeñas cuadradas de sanidino. Raras veces presentan uno que otro cristal de piroxena.

TOBAS TRAQUÍTICAS.

Las traquitas y las andesitas han sido acompañadas en sus erupciones de tobas y productos de trituración en enormes cantidades que vemos extenderse en gruesos bancos al pie de las montañas formadas por esas rocas, modificando la pendiente que en un principio han adquirido las rocas macizas, haciendo elevar muy lentamente el terreno. Estas tobas han contribuído en

gran manera, por los transportes del agua, á llenar con un grande espesor de sedimentos, la primitiva y profunda cuenca que hoy llamamos mexicana.

No cabe duda que estas tobas han venido á clausurar cada serie de erupciones, ó á demarcar el fin de cada paroxismo, á juzgar por la posición que dichas tobas conservan en el terreno; en contacto directo con las rocas macizas y en gruesos é imperfectos estratos con pendiente igual á la que ofrece el terreno en su superficie ó poco menos, pero en todo caso coincidiendo en dirección con la de las rocas duras. La naturaleza del material constituyente de las tobas en general pomoso, hace presumir la alta temperatura de las rocas en el momento de su aparición al exterior, donde sufren calcinación bajo la influencia del aire; y su carácter detrítico una violenta proyección como una pulverización por un canal obstruído y resistente. Se puede reconocer también la influencia del agua posteriormente que haya permitido la aglutinación, y dar lugar juntamente con fenómenos en los cuales sólo es manifiesto el calor, ese carácter en parte sedimentario que fácilmente se nota; y aun medir en muchos casos la parte que uno y otro agente han tomado en la formación definitiva de esas grandes extensiones de tobas.

Tobas traquíticas.—Las tobas de las traquitas son grises, las de las andesitas son amarillas; en las primeras domina todavía una grande semejanza con la roca dura; en las siguientes todos los fragmentos componentes han sido completamente transformados en pómez.

La disposición que se observa en el terreno y el orden de sobreposición de las tobas, nos da una idea exacta de su relativa época de aparición y naturalmente también la de las rocas á que están subordinadas. Así; en la barranca inmediata al acueducto de los Remedios por el lado S. y que se prolonga hasta las faldas del cerro de la Malinche y las montañas inmediatas á Chimalpa, se nota claramente la disposición que sigue: En el fondo de la barranca y las laderas que la limitan hasta una cierta altura, se ven pequeños acantilados formados de grandes blocks semicolumnares de las tobas traquíticas y colosales paredones en las canteras en explotación. Más arriba se ocultan estas tobas en parte por las tobas amarillas de grano fino, producto de los deslaves de las tobas, ó más bien brechas pomosas que ya en la cima de estas lomas se hallan en una gran parte descubiertas naturalmente ó en las canteras abiertas para la explotación. Recorriendo el terreno en dirección al cerro próximo del Guajolote, se verá de nuevo aparecer la toba amarilla de grano fino primero; después la toba gris, para que ya en la cima de dicho cerro se descubra enteramente la traquita blanco-agrisada.

Las tobas traquíticas han sido, pues, cubiertas por la poderosa formación

de las tobas amarillas pomosas de las andesitas y solamente se descubren aquéllas, en lugares donde por elevación primitiva del suelo, el espesor de las tobas andesíticas no fué grande, y que la configuración actual ha favorecido una enérgica denudación. Es natural pues, que sólo en la proximidad de las montañas de traquita puedan ser dichas tobas descubiertas y en los bordes y fondo de las barrancas inmediatas.

Siguiendo la estratificación y determinando la altura máxima que alcanzan sobre el fondo de las barrancas, se puede obtener un espesor de más de 70 metros siendo fácil encontrar acantilados ó blocks prismáticos de bancos sobrepuestos hasta de 40 metros de altura.

La estructura en masa de las tobas es en bancos ligeramente inclinados hacia la planicie de la cuenca de 0^m60 á 0^m70 de espesor. Las líneas que definen los planos de separación son poco visibles en muchos casos. Además de esta separación en imperfectos estratos inclinados, la roca se divide según grietas verticales irregulares definiendo por consiguiente gruesos blocks prismáticos bien característicos en los grandes acantilados. Generalmente en las superficies de juntura de estos prismas se observa una delgada costra de arcilla ó marga blanca producto de un relleno ó depósito por las aguas de infiltración.

La grande homogeneidad en las capas de estas tobas, la fineza de su grano y su compacidad, les hace aplicables con grande éxito como material de construcción; siendo de un uso frecuente en la ciudad de México, donde es conocida con el nombre de "Cantera." Su estructura permite la obtención de grandes blocks y hace su separación fácil por medio de cuñas de madera. Es lástima que no se empleen los procedimientos mecánicos perfeccionados para la apertura y explotación de las canteras, que haría obtener el material más económico y barato. El mayor número de canteras en explotación se encuentra en la barranca llamada de San Lorenzo.

En la superficie de las tobas traquíticas debajo de la delgada capa de tierra vegetal que las cubre en la falda de las lomas y en los lugares en donde no las cubren las tobas amarillas, se asienta una capa más ó menos gruesa de una especie de conglomerado ó más propiamente de aluvión, formado de una pasta de grano fino de la misma naturaleza que las tobas, y guijarros rodados de variadas dimensiones ya de las traquitas semejantes á las del cerro del Guajolote á las que cubren, ó bien de las andesitas de la región occidental.

Este aluvión llega á adquirir un espesor considerable y viene á encerrar la pasta mucha arcilla, en el límite de esta formación donde ya el terreno se

eleva rápidamente como se observa cerca de la presa de las Julianas en la prolongación de la barranca de San Lorenzo.

La desagregación de las tobas y deslaves por las aguas atmosféricas durante un largo período diluvial, han dado lugar á la formación de una toba arcillosa deleznable, donde se ha perdido todo carácter ígneo, y ese aspecto brechiforme microscópico ó en grande que ofrecen las tobas en general.

Estos depósitos se extienden con frecuencia inmediatamente sobre las tobas ígneas y en gran espesor, como las que se extienden en las márgenes de un pequeño arroyo al O. del cerro del Guajolote, ó bien alternan con bancos de aluvión y tobas amarillas como en una barranca inmediata al pueblo de El Contadero.

En la barranca del Sotelo hemos encontrado la toba detrítica conteniendo impresiones de plantas actuales.

Las tobas traquíticas son de tacto áspero y granudas, á la simple vista se pueden reconocer diseminados en la masa cristálitos feldespáticos y puntos oscuros de un mineral ferromagnésico. En grande superficie se notan manchas arredondadas ó angulosas de muy variadas dimensiones, de color más claro que la masa y de aspecto análogo á la pómez, así como fragmentos de una roca porosa negra y vítrea. La cantidad de estos fragmentos convenientemente elegida para no ser tal la abundancia que haga la roca frágil ó quebradiza, la hacen de vista agradable en los grandes blocks ya labrados.

Se comprende fácilmente que la consistencia y la cantidad de los fragmentos pomosos y de la roca negra (gabarro), varían dentro de ciertos límites en distintas zonas ó en distintos bancos en el sentido vertical. Se observa frecuentemente en las canteras en explotación, los bancos superiores de poca consistencia, algunas veces casi deleznales por la presencia del gabarro, aumenta la compacidad y homogeneidad en el grano en los bancos intermedios para adquirir ya en la zona inferior un carácter de menor resistencia y heterogeneidad casi como la zona superior.

La roca sometida al examen microscópico una vez reducida á lámina delgada, deja ver bajo la forma fragmentaria los mismos elementos minerales que constituyen las traquitas hornbléndicas del Guajolote.

Los fragmentos de cristales se hallan diseminados en una pasta arcillosa finamente granuda visible en los nicols cruzados como finísimos puntos alumbados. Aisladas ó en lagunas se observan partes enteramente microlíticas en medio de las cuales los cristales feldespáticos aparecen aún bajo la forma fragmentaria. Por último en algunas preparaciones hemos visto los fragmentos cristalinos embutidos en un magma vítreo de aspecto semejante

al de la pómez. En esta pasta pomosa parece haber tenido lugar un principio de devitrificación á juzgar por finos regueros de puntos oscuros y gran cantidad de globulitas. Se descubren también muy finas triquitas cuya distribución así como las bandas fibrosas de la pómez definen la dirección de escurrimiento modificada algunas veces al frente de los cristales ferromagnesianos.

En aquellas tobas de pasta exclusivamente arcillosa como son las de las capas superficiales, el carácter exclusivamente detrítico ó la acción del agua predomina, y los cristales han sido reducidos á fragmentos únicamente por acciones mecánicas.

Los cristales feldespáticos en fragmentos son de andesina y labrador con sus macles característicos de la albíta y de Carlsbad en sus zonas más frecuentes *pg*₁. La mayor parte de las secciones presentan rupturas transversales al alargamiento. Observamos igualmente playas irregulares sin bandas hemitrópicas probablemente de sanidino.

Es de llamar la atención que en la pasta microlítica de las tobas no se encuentran los glóbulos esferolíticos de feldespato que en algunas traquitas hemos observado; es posible que hayan sufrido dichos glóbulos una simple desagregación. En este mismo magma microlítico de las tobas, los fragmentos de la hornblenda tienen el mismo estado de alteración que en las traquitas y traquiandesitas; es decir, transformados en óxidos ferruginosos en puntos agrupados, conservando la forma del cristal. En el seno de los nódulos de pómez es notable la frescura de la hornblenda y el hallarse muchos de los cristales casi completos como si hubiesen resistido á las acciones de corrosión. El color de la hornblenda á la luz natural es el verde amarillento con dicroismo bien marcado y las secciones tanto del prisma como basales ofrecen claramente los cruceros.

La hiperstena se presenta constantemente en las preparaciones aunque en cantidad muy variable y sin ofrecer casi ninguna alteración como teniendo mayor resistencia á la acción del movimiento y corrosión química; contrasta la conservación de estos minerales ferromagnesianos con el estado de subdivisión fragmentaria de los feldespatos sin que estos hayan sufrido tampoco descomposición química sensible.

De una manera accidental se encuentran granos arredondados de cuarzo en la pasta de las tobas traquíticas.

Por esta descripción se ve que coinciden las acciones del calor y el agua; el primero dando lugar á fenómenos de corrosión en los elementos de primera consolidación en los fragmentos de la roca, y la acción de la segunda em-

pastando estos fragmentos con material cineriforme y arcilloso no habiendo una separación muy clara entre las partes del material detrítico y los fragmentos pomosos de la roca, los que algunas veces se presentan con el carácter de verdaderos enclaves.

ANDESITAS.

Las montañas principales y elevadas que forman la cresta de la sierra de Las Cruces y sus prolongaciones al N., están formadas en su mayor parte de andesitas de diferente aspecto y coloración, más ó menos compactas, de estructura microlítica y en estados muy diversos de alteración. En dos grupos fundamentales pueden dividirse estas andesitas: aquellas en cuyo magma existe piroxena ó andesitas augíticas, y andesitas que no contienen este mineral bajo la forma microlítica, siendo difícil distinguir por caracteres macroscópicos unas de otras. Pero la presencia de la augita en el magma microlítico es tan variable para rocas de lugares muy vecinos, que más bien debiera tomarse como un mineral accesorio para andesitas de hornblenda con piroxenas de primera consolidación, y no llevar el nombre de *augíticas*, como sucede por ejemplo en las andesitas de Chapultepec, en donde las rocas de color rosado no llevan gran cantidad de microlitas piroxénicas, á diferencia de las grises en que son más ó menos abundantes. Hemos conservado sin embargo la división de andesitas augíticas.

Andesitas augíticas de hornblenda y piroxena.—Son de color gris oscuro, compactas; en su superficie se descubren á la simple vista grandes cristales feldespáticos y granos pequeños de piroxena, dando á la roca un aspecto porfiróide. Buenos tipos de estas andesitas encontramos en el elevado cerro de la Malinche al O. de Chimalpa, en los cerros de San Luis Ayuca, en las montañas al N. de Huixquilucan, en algunos cerros inmediatos á Salazar y en la roca gris de la colina de Chapultepec, la que fué clasificada por los Sres. Felix y Lenk¹ como andesita de hornblenda al lado de las andesitas de los cerros de Tlapacoya, Tejolote, y de la montaña del Ixtatcihuahatl, en atención á la gran cantidad de hornblenda que contiene en cristales de primera consolidación.

Las rocas de los lugares mencionados en láminas delgadas al microscopio, ofrecen un magma amorfo incoloro en el que se hallan esparcidos cristales microlíticos de piroxena monoclinica alargada según el prisma, con quebraduras transversales á su longitud y con pequeñas inclusiones de fierro oxidulado; las secciones están ligeramente coloridas en amarillo ó amarillo-

¹ Beitrage zur Geologie und Palaeontologie der Republik Mexico. 1891.

verdoso. El magma amorfo es escaso en la andesita de Chapultepec, y más abundante en la andesita de la Malinche. Las microlitas feldespáticas son en general de pequeña dimensión, alargadas y de extinción según su longitud, de oligoclasa, algunas macleadas según la ley de la albita. La roca de Chapultepec presenta accidentalmente granos arredondados de cuarzo, y la andesita del kilómetro 43 tiene cavidades tapizadas de ópalo y algunas laminillas de tridymita. La hornblenda muy abundante en la roca de Chapultepec es más escasa en la roca de Dos Ríos, y es de color pardo á la luz natural y rodeados los cristales de una zona oscura de alteración. El centro es en general de muy fuerte dicroísmo. Las secciones de la base presentan crucesos muy marcados, están en parte dislocadas y con porciones reabsorbidas; lo mismo sucede en algunas secciones prismáticas. Las piroxenas de primera consolidación son muy variables en cantidad, dominando en muchos casos la augita sobre la hiperstena en cristales pequeños y menos alterada que la hornblenda. Entre los feldespatos de primera consolidación domina en general una andesina de ángulo de extinción, máximo de 12° en g_1 de la zona pg_1 , el labrador y el sanidino. En la roca de la Malinche se hace difícil en muchas preparaciones la determinación del feldespato por hallarse los cristales rotos y dislocados por acciones mecánicas.

El fierro oxidulado en granos y secciones pequeñas, cuadradas, es á veces abundante y la apatita se encuentra con frecuencia en estas andesitas.

Esta especie de roca y las siguientes son las más abundantes en la sierra, habiendo sido designada en nuestra primera carta petrográfica del O. de la cuenca, como andesitas de hiperstena y hornblenda, dando á la piroxena rómbica un papel característico.

Andesitas de hornblenda.—Con caracteres muy semejantes á las anteriores, se presentan las andesitas de hornblenda en la sierra del O. é íntimamente ligadas entre sí. Frecuentemente son de color rojo, debido á la abundancia de la hornblenda profundamente alterada en cristales ya opacos por la descomposición, y en agujas microlíticas igualmente opacas, profusamente diseminadas en el magma. Por esta descomposición se vuelven estas rocas medianamente terrosas ó esponjosas, lo que hace difícil su preparación. Algunas de ellas quizá podrán tener piroxena microlítica que la alteración no permite descubrir; pero en las que se puede sospechar, son raras. Por otra parte, unas son enteramente desprovistas de piroxena de primera consolidación, como en aquellas andesitas que forman acantilados ó que ocupan la cima del cerro de San Miguel, el cerro del Caballete y la montaña del Ajusteo; en otras es más ó menos abundante, como en las rocas del cerro del Pedregal, cerca de la ha-

cienda del mismo nombre, en un cerro rodeado de tobas pomosas. En el mismo caso se hallan las rocas que se descubren debajo de las tobas en la cuesta de Barrientos, en donde se une Monte Bajo á la sierra de Guadalupe. Ya en estas andesitas de hornblenda, es más frecuente el labrador que la andesina en los cristales de primera consolidación, y las microlitas de oligoclasa se diseminan en un magma más vítreo, son alargadas, filiformes y de extinción en general próxima á su longitud. En algunas preparaciones de la roca del Pedregal, la hornblenda no es opaca; en sus secciones prismáticas deja ver claramente sus cruceros y da un ángulo de extinción máximo de 10° , con dicroísmo muy fuerte del amarillo al pardo oscuro. La hiperstena ofrece su policroísmo característico.

OBSIDIANAS.

Obsidiana traquítica.—Rocas de magma casi enteramente amorfo se encuentran raras veces en la sierra del O., debiendo mencionar una obsidiana traquítica sobre el camino al pueblo de Chimalpa. En su magma vítreo se encuentran solamente algunos fragmentos de cristales de sanidino y hornblenda.

Obsidiana perlítica.—Al S.E. del cerro llamado propiamente de las Cruces, y al N.O. del elevado cerro de San Miguel, ya en las vertientes del Valle de Toluca, se presenta esta roca formando una pequeña eminencia del cerro de "La Puerta del Pedregal." Su extensión es relativamente corta, pues constituye solamente un pequeño reventón rodeado por las andesitas de hornblenda de la serranía.

El color dominante de esta roca es el blanco agrisado; á primera vista se confunde con las traquitas (chiluca) de los Remedios, pero el examen microscópico permite observar separaciones globulares semejantes á la estructura de las perlitas.

Esto no impide considerarla en lo general como de estructura porfiroide por el gran desarrollo de cristales feldespáticos blancos asociados á más pequeños cristales de un mineral ferromagnesiano cuyos contornos son casi siempre definidos á la simple vista.

Curvas perlíticas con más ó menos tendencia á la forma circular, se tocan las unas á las otras en distintos puntos. Otras veces una misma curva sinuosa limita varios glóbulos de tal manera que las partes entrantes sirven para formar la parte saliente de otras, y de este modo se realiza la total separación perlítica.

La delgada penumbra que en la luz natural se reconoce en estas líneas

de separación, es por lo general simple; raras veces se bifurcan ó corren dos penumbras paralelas y muy próximas en muy pequeña extensión.

La devitrificación del magma ha tenido lugar bajo la forma de longulitas aglomeradas ó esparcidas de muy diferente manera en el interior de los glóbulos perlíticos. Algunas triquitas de formas muy simples se presentan igualmente. Los movimientos fluidales son reconocidos por regueros finos y sinuosos y pasan sin sufrir interrupción por las líneas de separación perlítica, lo que demuestra la posterioridad de la división á la completa consolidación del magma.

Entre los minerales de primera consolidación aparece en primer lugar un feldespato que en la zona de simetría da un ángulo de extinción de 10° , que probablemente corresponde á una andesina ácida; hay también algunas secciones de labrador con pequeñas inclusiones vítreas.

Muchos cristales presentan grietas irregulares, de las cuales algunas aparecen como la continuación de las divisiones perlíticas, como si estos feldespatos hubiesen cedido al esfuerzo en el momento de la división perlítica.

La horblenda parda de primera consolidación se presenta sin el menor indicio de alteración y con su policroismo marcado, en el que domina el amarillo pardusco y verde.

En algunos lugares de la sierra de que nos ocupamos se conservan todavía las huellas de los lugares que en otro tiempo fueron el sitio por donde tenían lugar las erupciones de las rocas andesíticas, así como también en las faldas de algunas montañas se ven productos cineríticos que debieron acompañar á dichas erupciones. Por ejemplo, en las faldas de los cerros de San Miguel, las andesitas duras se ocultan en algunos lugares por capas de tobas grises y capas de cenizas oscuras que parecen provenir de estas rocas, aunque algunas veces cubriendo á estas capas vienen otras de cenizas que parecen provenir exclusivamente de proyecciones de los volcanes basálticos que en las faldas orientales del Ajusco se extienden.

La cima del cerro de Las Cruces está formada en gran parte por una brecha andesítica de color verde claro, que no parece ser sino producida en la vecindad de un volcán, aunque en ese mismo lugar no se conservan ahora huellas de haber existido en otro tiempo un cráter.

En el cerro llamado del Tigre, al O. del pueblo de Atizapán, se puede observar una cintura de un conglomerado volcánico formado de fragmentos de la andesita augítica de hornblenda que corona la montaña, ligados dichos

fragmentos por un cemento de tezontle ó lapilli, como productos aglutinados cuando conservaban todavía el calor de la lava, y que hemos visto se producen frecuentemente en los cráteres de algunos volcanes; y que si aquí no se conserva actualmente ningún cráter, es porque sobre la cintura de ese conglomerado volcánico, que sería primitivamente un cráter, apareció posteriormente un cúmulo de lava imperfectamente fluída que obstruyó por completo dicho cráter.

BRECHAS DE PÓMEZ Y TOBAS POMOSAS.

Los productos cineriformes que han acompañado á las erupciones de las andesitas de la sierra de Las Cruces, Monte Alto y Monte Bajo, han sido esencialmente de pómez en fragmentos de dimensiones que en general no exceden de 3 á 4 centímetros, aglutinados y soldados los unos á los otros, formando lo que propiamente debe llamarse una brecha.

La extensión ocupada por esta roca comprende una faja de terreno igual á la longitud de toda la sierra y sus de pependencias, formando poderosas capas poco inclinadas, que partiendo desde media altura de la sierra van á perderse, ocultas debajo de los sedimentos diluviales de la planicie, á una distancia variable que no puede determinarse fácilmente por el espesor creciente de los sedimentos sobrepuestos y por la reducción paulatina en la potencia y número de las capas.

Las brechas pomosas ocultas en una gran parte de su extensión por capas de tobas pomosas de grano fino producidas por la desagregación y transporte acuoso de aquéllas, ocupan una grande faja semicircular en la región S.O. de la cuenca, desde el límite de la gran corriente basáltica del volcán Xitli, llamado el Pedregal, lava que descansa sobre dichas tobas y brechas, hasta el pie del cerro del Chiquihuite de la sierra de Guadalupe, al N. de la ciudad de México.

Como dijimos, á medida que disminuye el espesor y potencia de las brechas, de la montaña á la planicie, el espesor de las tobas detríticas aumenta viniendo éstas á mezclarse lentamente con los lodos y lamas del antiguo lago que cubría la cuenca. Así es que tales depósitos de tobas primero se cambian en el interior de la planicie, en tobas arcillosas; después en depósitos formados exclusivamente de arcilla (barro) allí donde el transporte era ya lento y de material finamente dividido.

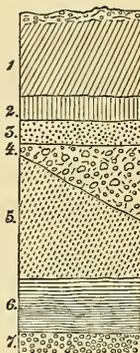
El carácter de la configuración de la sierra, depende esencialmente de la naturaleza de las rocas que la forman: la parte alta de pendientes fuertes algo escarpada y de perfiles enérgicos, la forman las rocas duras; la parte

baja muy extensa y de pendiente muy suave la forman las brechas y las tobas que como material de fácil desagregación hace tortuosas las barrancas, y las laderas y crestas de las lomas enteramente arredondadas.

Esta enorme cantidad de pómez en fragmentos debió cubrir en otro tiempo una gran parte de las montañas en las que ahora se presentan á descubierto las rocas macizas, pues aguas torrenciales obrando sobre este material de naturaleza propia á desagregarse fácilmente, han contribuído eficazmente á descender su nivel formando los enormes bancos de tobas detríticas y aluvión de gruesos guijarros que se sobreponen á las brechas como puede verse fácilmente en muchos lugares de las lomas. En esta grande serie de capas de tobas de grano fino, de aluvión y arcillas alternando las unas á las otras, se pueden seguir fácilmente los períodos sucesivos de transporte torrencial, separados por depósitos lentos de gran espesor que indican grandes espacios de tiempo entre una y otra cruda.

Pero no sólo se observa alternación entre estos aluviones y las capas de toba fina, sino también entre algunas capas gruesas de brechas pomosas se interponen delgadas lentes de aluvión de guijarros de tamaño medio. Y si aquellas brechas como es fácil demostrar han sido formadas durante el acto mismo de su proyección arrojadas por grandes chimeneas volcánicas, se concibe desde luego que hubo también varios paroxismos ó recrudescencias separadas por lapsos de tiempo no muy grandes.

Damos á continuación el corte de una barranca inmediata al pueblo de El Contadero en la base de los escarpados de las montañas del Desierto á la



Núm. 1.—Toba pomosa brechiforme.

Núm. 2.—Toba pomosa de color gris.

Núm. 3.—Toba pomosa amarillenta.

Núm. 4.—Conglomerado pomoso.

Núm. 5.—Toba amarilla de grano fino.

Núm. 6.—Tobas apizarradas muy arcillosas.

Núm. 7.—Conglomerado pomoso de fragmentos pequeños.

altura de 400 metros sobre el nivel medio de la cuenca. Como se verá, todas las capas son productos cineríticos acarreados y asentados por las aguas. El espesor total de los sedimentos en el corte alcanza la altura de 40 metros.¹

El espesor total de las tobas pomosas de grano fino y capas de aluvión que descansan sobre las brechas pomosas es muy variable; pero en todo caso es muy considerable, pudiendo en algunos lugares exceder de 180 metros. En cuanto al espesor de las capas de brecha apreciado en la parte media, es decir, igualmente distante de la roca maciza y de la llanura, se puede calcular que pasa de 50 metros en la parte que nos es accesible, quedando todavía el fondo de las barrancas formado de estas brechas.

El contacto directo entre la brecha pomosa y las rocas andesíticas no puede observarse fácilmente á causa de hallarse cubierta en muchos puntos, unas veces por una especie de conglomerado compuesto de cantos de andesita y arcillas que provienen de la descomposición de esas rocas, otras veces por unas tobas rojizas muy arcillosas también y con guijarros. En toda la superficie de las lomas, las brechas quedan igualmente cubiertas por las tobas amarillas de grano fino en que se transforman, descubriéndose solamente en el fondo de los talwegs ó en los bordes de las pequeñas y grandes barrancas.

Estas brechas constituyen otro material de construcción de grande estima en la ciudad de México, y le llaman vulgarmente "Tepetate." Es apreciado por la compacidad y adherencia durante todo el tiempo que conserva la humedad y por su ligereza y labrado sumamente fácil en blocks de espesor conveniente para muros. Los cementos ó argamasa se adhieren bien á su superficie, y conservándolo cubierto dura mucho tiempo; expuesto al aire libre se seca y se hace fácilmente deleznable. El número de canteras abiertas á la explotación es muy considerable.

El trabajo de explotación de las canteras de tepetate es aún muy imperfecto. Se practica valiéndose de cuñas ó practicando taladros, aprovechando la superficie de unión de las capas y haciendo una ranura que favorece la separación de un block grande que después se subdivide.

La inclinación de las capas es muy débil; raras veces excede de 4° á 6°.

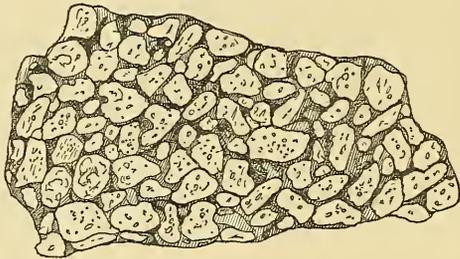
Las brechas pomosas no son más que una simple aglomeración de fragmentos de pómez de color blanco, ligeramente angulosos, tocándose en varios puntos los unos á los otros, dejando entre sí espacios vacíos tapizados por una arcilla ferruginosa muy fina (bol), la que aparece como formando el cemento de la roca aglutinando los fragmentos con alguna adherencia. La arcilla fe-

1 Estudio de los manantiales del Desierto por José G. Aguilera y E. Ordóñez.

rruginosa ha sido llevada á la pómez después de su depósito durante las proyecciones volcánicas, por las aguas de infiltración, habiendo contribuído más tarde los depósitos de tobas de grano fino y aluvión á aumentar por la presión la adherencia en los fragmentos.

En cada fragmento de pómez se ve claramente su característico aspecto fibroso y vacuolar, y en la masa de color blanco ligeramente amarillento se destacan cristalitos y agujas de hornblenda que no presentan mayor alteración que la que se observa en la hornblenda de las andesitas macizas. Estos cristalitos se encuentran algunas veces aislados y embutidos en el bol.

No se observa ninguna regularidad en la distribución del tamaño de los fragmentos de pómez en cada gruesa capa ni en el conjunto de capas, y fuera de la mayor ó menor adherencia en relación con la cantidad de humedad absorbida por las capas, presentan una absoluta semejanza la serie de capas sobrepuestas y aun de capas diferentes y de distantes lugares.



La figura adjunta muestra la estructura de conjunto de una brecha de pómez.

Algunas veces la costra superior de la brecha de pómez ha sido removida por las aguas de la primera capa, triturando los fragmentos y haciendo una especie de conglomerado menos coherente y de fragmentos arredondados más pequeños que los de la brecha inmediata inferior.



