

INSTITUTO GEOLÓGICO DE MÉXICO.

DIRECTOR, ANTONIO DEL CASTILLO.

---

LAS  
ROCAS ERUPTIVAS

DEL SUROESTE DE LA CUENCA DE MEXICO

Bol. 2

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 Ixtaccihuatl 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, Tepotzotlán. 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, dependiente 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.

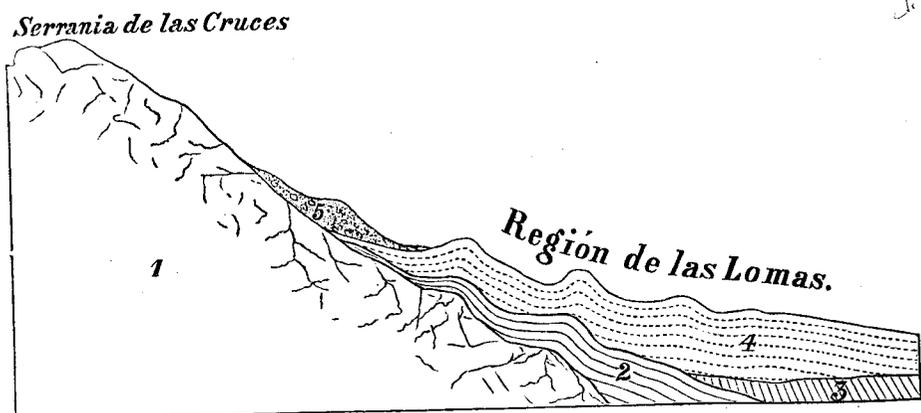
La presencia en el magma de estas rocas, de microlitas de sanidino y oli-

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 feldespatos 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.

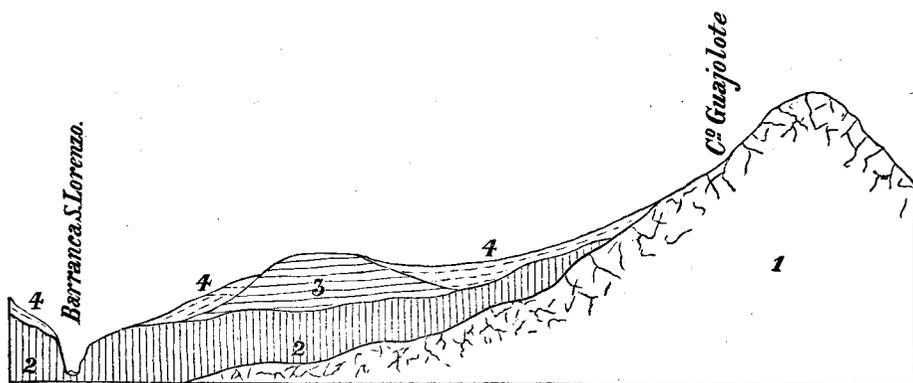
capas de tobas y brechas pomosas que forman la región de las lomas ó parte baja de la misma Sierra, sirviéndole de estribos. Las capas número 2 en el corte, onduladas ligeramente y siguiendo las sinuosidades de la parte maciza de la montaña, están formadas de una brecha de pómez con cemento algo arcilloso, 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'Aoust 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 lasjas 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.<sup>1</sup>

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 lajas. 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 lajas 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.<sup>1</sup> 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 Tlamo 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.<sup>2</sup> 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.<sup>3</sup> 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, delineando 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 destruído.

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 aluvión 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.

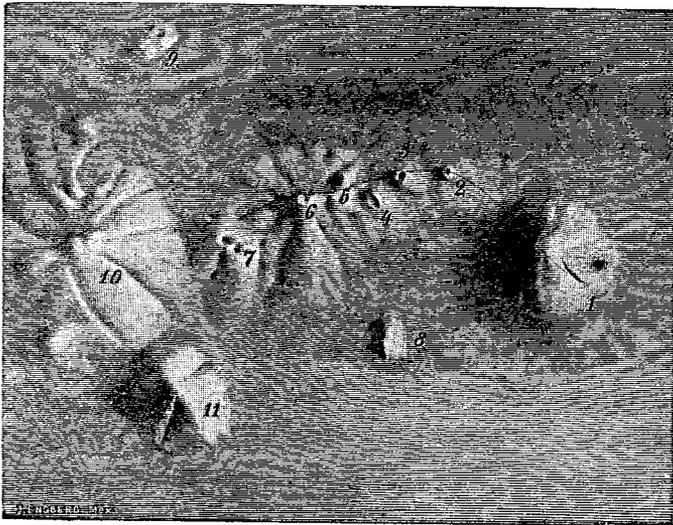
El volcán Teutli, el último de la serie al E. es característico por la perfección del cono de su base y por tener un pequeño cono parásito hacia el O. El elevado volcán de Cuautze arrojó hacia el N. una corriente angosta y alargada que se distingue con facilidad, lo mismo que una del Teutli, en dirección 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 Chimalhuacán 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 Xaltepec.      | 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 grande 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 Ajusco, 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 destruídos, ó simplemente por grietas que, obstruídas 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 destruídos, 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 Auvernia 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.