RM6

UNAM

10681

INSTITUTO DE GEOLOGÍA

QE535.2M6/073

10681

**QE535.2M6
073**

UNAM

10681

INSTITUTO DE GEOLOGÍA

INSTITUTO DE GEOLOGIA
BIBLIOTECA

QUIJERO ORDOÑEZ.

LOS XALAPAZCOS DEL ESTADO DE PUEBLA.

INSTITUTO DE GEOLOGIA
BIBLIOTECA

QE535
.2M6
O73

BIBLIOTECA

LOS XALAPAZCOS DEL ESTADO DE PUEBLA.

POR EZEQUIEL ORDÓÑEZ.

GENERALIDADES.

En la región central del Estado de Puebla, en la vasta llanura que circunscriben los espolones de la Sierra de Puebla y la Sierra del Pico de Orizaba que limitan allá la Mesa Central, existen varios grupos de pequeños volcanes, que aparecen ya como puntos por donde han tenido lugar erupciones secundarias, sucediendo, después de largo reposo, á las que han engendrado grandes conos volcánicos, ya mostrándose sin ninguna conexión aparente con macizos volcánicos anteriormente existentes.

En todo caso, los grupos de pequeños volcanes que vamos á describir, son de formación sumamente reciente, pertenecen á ese tipo de volcanes que se llama *volcanes de explosión* y son el resultado de la última fase del volcanismo en esa región; parece también que han sido engendrados por una causa local que sólo ha obrado momentáneamente en la parte superior de un magma eruptivo situado á no muy grandes profundidades.

Los volcanes de explosión, como decimos, parecen ser la manifestación forzosa á que se reduce la acción eruptiva en las regiones volcánicas, cuya historia de actividad toca á su fin, en tanto que la posición que un gran

00610681

número de volcanes explosivos ocupan dentro de sus áreas volcánicas tiende á demostrar que para muchos de ellos es preciso una influencia superficial determinante de la explosión. En efecto, muchos volcanes de explosión se encuentran situados en llanuras, en cuencas lacustres ó á la orilla del mar; la mayoría están situados en la vecindad de grandes volcanes, cuyo nacimiento remonta á tiempo más lejano, y á veces se forman cuando estos volcanes están en un período agonizante de actividad paroxismal, la que queda en el mundo del volcanismo de intensidad asombrosa de la época terciaria.

Nuestros volcanes del tipo explosivo, de Puebla, son como todos sus semejantes, de una sencillez de forma y estructura sorprendentes, construídos como para revelar claramente una manera peculiar de ser de los fenómenos volcánicos, en la que no parece corresponder la grandeza del aparato con la debilidad de la fuerza creadora, generalmente ineficaz para dar á luz un volumen considerable de lava ó del material donde se elabora la erupción, y más aún: un volumen de material fragmentario cinerítico que apenas bastaría ó es insuficiente para llenar la cavidad resultante. En nuestros cráteres de explosión, además de verse generalmente una serie muy regular y homogénea de material fragmentario, suministran admirables cortes donde se puede estudiar con sumo detalle la serie de capas que forman el subsuelo de aquellas llanuras.

Las consecuencias á que da lugar el estudio de los grupos de volcanes de explosión, que con tanto interés hemos recorrido en el otoño del año pasado, dan alguna contribución al conocimiento general de esta importante categoría de fenómenos, no porque introduzcan en la

literatura algún dato no observado anteriormente en sitios de volcanes semejantes, sino porque dan pruebas irrecusables de ciertos principios que con mucho vigor se vienen sosteniendo en estos últimos años. Hay solamente el temor de que las pruebas que ponen de relieve los volcanes de explosión, nos lleven, como así parece, á generalizar demasiado al tratarse de los grandes volcanes.

Como manifestaciones débiles del volcanismo, los volcanes de explosión encuentran su origen á débiles profundidades del suelo, por causas apenas eficientes; la explosión tiene lugar por un conducto estrecho, un tubo ó una chimenea casi circular, dejando las paredes intactas, sin romper ni trastornar en lo más mínimo el terreno vecino, aun en sus capas más superficiales; y por último, el material sólido que resulta de la explosión, forma alrededor del orificio un reborde apenas elevado. Algunos se encuentran tan á raíz del suelo, que parecen como sacabocados. En los llanos de Puebla, el poco realce que tienen estos conos, desiguales y truncados, aunque de base muy ancha, hace que pasen casi desapercibidos en el relieve general de la comarca, algo ondulada en las cercanías de las altas montañas que en medio de la llanura se levantan. Las partes más elevadas de los bordes de aquellos enormes cráteres, tienen en su pendiente exterior ese surcamiento radiante, característico de los conos volcánicos formados de material fragmentario, y fácilmente se confunden con los pequeños cerros de lavas cubiertos de tobas, que por ser tan comunes en la región meridional de la Mesa Central, dejan de llamar la atención de los que están habituados á esta clase de paisajes.

Es preciso ascender la pendiente, á veces muy suave, de los conos, para cerciorarse de que son los bordes de cráteres grandes, cuyo fondo desaparece debajo de un manto de agua notablemente azul, limitado á veces por angostas playas que van hasta el pie de los taludes escarpados de las paredes interiores. En algunos cráteres, las aguas lamen directamente sus paredes abruptas, las que reflejándose en aquel espejo azul producen los más bellos contrastes. Si cráteres de Italia como el Astroni, el Vivara y otros en los Campos Flégreos ó el de Montecchio en el monte Vulture, que con mano maestra describe G. de Lorenzo y el malogrado Carlo Riva, llaman la atención por la densa vegetación que invade las pendientes interiores y con "sus lagos bordeados por las verdes uinfas," los nuestros rivalizan con aquéllos por su profundidad y por sus diámetros; pero los cráteres mexicanos se distinguen por la desnudez característica de sus paredes, donde puede detenerse apenas escasa vegetación. Las capas de cenizas, de tobas, de lapilli, productos de la explosión, se ven escalonadas con débil pendiente hacia el exterior y con un color gris tan igual en todos estos cráteres, que no parece desde luego dudoso que el material cinerítico es arrancado de una misma especie de roca. Pedazos de basalto de todos tamaños, de pizarras y calizas empotrados en las capas, asoman por todas partes.

En el interior de los cráteres más profundos, el material fragmentario, producto de la explosión, se acaba, por regla general, al nivel de la llanura inmediata, y entonces se pueden ver en las paredes, con notable regularidad, bandas de color diverso de tobas amarillentas, de aluvión grueso, de arenas, de pómez, ó por último, las

secciones de corrientes delgadas de basalto de algún malpaís, cubierto por las cenizas de erupciones volcánicas posteriores.

Los cortes de antiguos ríos aparecen como lentes de aluvión; las cenizas de volcanes se mezclan á las arenas del río; en fin, se puede ver toda la historia de cómo se ha elevado la llanura interviniendo un régimen fluvial ó torrencial, un régimen lacustre y un llenamiento con volumen asombroso de polvo y material de volcanes distantes, polvo que bajo la forma de lluvia ó de torrentes debió inundar superficies inmensas de llanura.

Las paredes interiores de los cráteres, regularmente surcadas, son para los más profundos, verticales ó sumamente abruptas; los habitantes han practicado caminos en *zig-zag* que el tránsito continuo ha excavado profundamente, ó bien han aprovechado rendijas que las aguas han cavado, por donde hay que penetrar en una especie de callejón angosto de paredes enteramente á pico; por estos caminos cubiertos de polvo, de ceniza suelta y de piedras, suben y bajan los pobres habitantes de los pueblos de los bordes en busca de agua para los usos domésticos.

No sería posible describir bien, en breves líneas, los grupos de cráteres cuyo estudio motiva estas páginas, porque cada uno tiene fisonomía propia que le distingue de los demás; hay siempre alguna diferencia en la forma ó en la estructura sobre que llamar la atención especialmente.

Hemos dicho que son tan poco prominentes estos conos é intervienen tan poco en la fisonomía general del paisaje, que los cráteres de la llanura del centro de Pue-

bla han pasado casi inadvertidos para la mayoría de nuestros geólogos y para muchos exploradores entendidos.

Humboldt no se ocupa de ellos especialmente, quizá porque no tuvo ocasión de visitarlos; de seguro su estudio le habría decidido á hacerlos entrar en línea de comparación con los cráteres de explosión clásicos de Europa, como lo hizo en su "Cosmos" con buen acopio de datos, y dando al mismo tiempo una explicación muy razonada de su modo de formación, en la que no andaban muy fuera de la verdad ni él ni otros muchos eminentes geólogos de su época.

Humboldt les suponía ya á los cráteres de explosión una edad reciente, pues dice que los valles donde aparecen tienen una forma muy parecida á la actual; y los supone contemporáneos de las corrientes de lavas de sus cercanías, lo que hoy no se admite en la mayor parte de los casos.

Saussure se ocupa accidentalmente de estos cráteres de explosión, así como otros antiguos autores. Dollfus, Monserrat y Pavie se ocupan igualmente en términos muy generales.

TOPOGRAFÍA DE LOS LLANOS.

Como hemos dicho, la región que vamos á describir ocupa casi la parte central ó media del Estado de Puebla, en los Distritos de Llanos y Chalchicomula, entre las latitudes $19^{\circ}8'$ y $19^{\circ}30'$, y á más ó menos un grado y medio de longitud oriental de la ciudad de México. Los cráteres de explosión están casi en el centro de una vasta planicie, cuyos límites son: la Sierra del Citlaltepetl

ó del Pico de Orizaba, al Oriente; el extremo, en gran parte volcánico de la Sierra de Puebla, al W. y N.W., y una sierra con dirección Este-Oeste, que separa al Sur la cuenca de Chalcicomula del valle de Tecamachalco.

La planicie á que nos referimos es una de las partes más orientales de la Mesa Central, y muestra las características del mediodía de la Mesa Mexicana, es decir: la subdivisión casi insensible ó por bordes apenas elevados en varias cuencas parciales cerradas y de extensión relativamente pequeña, comunicación fácil por medio de valles relativamente angostos con otras planicies considerables que son aquí los valles de Tepeaca, Tecamachalco, Puebla, etc., aprovechados por los caminos de fierro; y por último, la presencia de pequeñas sierras aisladas en su interior ó de montañas coniformes de naturaleza volcánica, de pendientes fuertes y de considerable altura, levantándose muchas de ellas brusca y rígidamente de la llanura. Algunos de los cráteres de explosión se hallan al pie de estos grandes macizos volcánicos; otros están en los extremos de las sierras; dos de los cráteres se hallan junto á conos volcánicos muy recientes, de muy poca altura é importancia; y dos, por último, se hallan distantes de toda eminencia, constituyendo los cráteres, por sí solos, el único accidente que modifica un poco la uniformidad del terreno.

Unas escotaduras, no muy anchas, que individualizan la Sierra del Citlaltepétl, y hasta donde llega casi la llanura, marcan los bordes de la Mesa Central tan claramente, como lo haría la arista de una sierra elevada. Más allá de estos bordes, las pendientes de esta sierra ó de sierras más ó menos paralelas, que como escalones

ó gradas¹ se suceden hacia las costas, aparecen como los contrafuertes que sostienen una colosal estructura. Tal es el efecto que resulta de pasar bruscamente de una llanura muy grande á las pendientes que descienden á las costas; pero si despojáramos á la Mesa Central de la enorme masa de material volcánico que rellena grandes cavidades y suprimiéramos sus grandes picos volcánicos de más reciente creación, obtendríamos un relieve muy análogo, aunque menos grandioso, al de los sopor-tes orientales de la gran arista que hoy sirve de eje aquí á la Sierra Madre Oriental. La asimetría de la sierra sería, pues, menos sensible.

Por las escotaduras de las Vigas y Esperanza, dominadas respectivamente por el Cofre de Perote y el Pico de Orizaba, salen de la Mesa Central dos vías férreas que recorren parte de las costas veracruzanas por senderos universalmente conocidos, no sólo por los marcados contrastes que les da el clima, sino por la energía que despliegan los accidentes del terreno, reflejo de una tectónica igualmente grandiosa. Tanto agrada admirar, al salir de los Llanos de Perote, las faldas orientales del Cofre, vestidas de un grueso manto rugoso de malpaís, como las faldas del cono del Citlaltepétl y de la Sierra Negra, sostenidas á tan grande altura por las montañas cretáceas de Aenltzingo y Orizaba.

La planicie en cuyo medio se encuentran los cráteres, es conocida en el país con el nombre característico de *Los Llanos*. (Los llanos de San Juan, llanos de Perote, llanos del Salado, llanos de Chalchicomula.) Su conjunto tiene un contorno irregular, que resulta de las ramifi-

¹ Böse.—*Geología de los alrededores de Orizaba*.—Bol. Inst. Geol. Mex. Número 13, 1899.

caciones que las sierras limítrofes envían hacia su interior. Los llanos se alargan en la dirección N. S., cubriendo una longitud de más de medio grado de latitud. La parte más septentrional, Los Llanos ó San Juan de los Llanos, es una fracción bien circunscrita que no tendríamos que considerar aquí, al no tener su drenaje hacia la parte central que es la región más deprimida donde se reúnen las aguas en una grande superficie, de ordinario cenagosa y á donde desbordan las aguas de un pequeño río llamado del Salado. Los llanos de San Juan comunican con los del Salado por un boquete no muy ancho, entre los cerros de Tepeyahualco y la pequeña Sierra del Carmen. Dependencias de la Sierra de Puebla, y más aún, del conjunto de cerros volcánicos que la bordean, limitan por el Occidente la cuenca del Salado, que por el S.W. recibe las aguas del manantial de Ojo de Agua y las que nacen más allá en las faldas septentrionales del Tecajete y de las otras montañas al pie oriental del gran volcán de la Malinche. Los llanos de la cuenca del Salado se separan apenas de otras planicies muy anchas, como la que se extiende entre Apizaco y Tlaxco ó las de Tepeaca y Tecamachalco, tan bajos son así los bordes que las independen. Los llanos de Chalchicomula ocupan el tercio meridional de esta región típica de la Mesa Central, encerrada al Sur por una larga sierra que se orienta de N.W. á S.E., casi de E. á W., ligada en las cercanías de Esperanza con la cadena de bajos conos volcánicos que parten de la Sierra Negra y del Citlaltepctl, cuyos flancos occidentales sirven también de límite á los fértiles campos de Xalapazco, Tlachichuca y Ocotepec, al N.W. de la ciudad de Chalchicomula. Nada tan notable en esta región como la Sierra

del Pico de Orizaba, que tantas veces se ha mencionado por los que han escrito sobre este volcán ó sobre su pariente cercano, el Cofre de Perote, situados uno en cada extremo de la sierra, cuya cresta, un poco interrumpida, orientada de N. á S., se ve erizada de gibas, que si no son muy prominentes, al menos parecen subdividirla en macizos por efecto de la localización de los puntos por donde se han verificado con más energía las erupciones, pues toda la sierra es de naturaleza volcánica.

En sus pendientes occidentales, surcadas por barrancas transversales, se levantan varios conos más jóvenes, y cerca de la base de la sierra, como pegadas á ella, hay sierras bajas y pequeñas de rocas sedimentarias, que dan al conjunto cierto movimiento y le quitan su simplicidad.

Una corriente de lava desprendida de los macizos volcánicos del centro de los llanos, y que va hasta encontrar las pendientes de la Sierra del Citlaltepétl, separa los llanos de Chalchicomula, en las cercanías de la Hacienda de la Capilla, de los llanos de Quecholac, situados al Oriente de los del Salado. Aquellos llanos reciben las aguas del flanco occidental del Cofre, y se pierden en su suelo absorbente cubierto de polvo fino y detritus.

La extensión de los llanos de Perote sería muy grande si no hubiesen sido inundados por un enorme malpaís que ha escurrido de unos volcanes al Norte, cuyo manto grandioso de lava, desde cerca de los bordes de los anfiteatros de las Minas, hasta su límite en los llanos de San Juan, con una anchura de 20 kilómetros, cubre una superficie de más de 300 kilómetros cuadrados. Este malpaís que llamaremos del Vigía, la eminencia más alta que en él se destaca, se cuenta entre los últimos

acontecimientos más importantes que han cambiado de fisonomía aquel país, pues casi contemporáneo á él han brotado otras pequeñas corrientes de lava en el interior de los llanos, y cuya formación está íntimamente ligada con la del gran número de cráteres de explosión.

Las eminencias en el interior de los llanos, se encuentran agrupadas un poco excéntricamente, pues se aproximan más de la Sierra del Citlaltepétl que del borde también volcánico del Occidente. Los cerros más prominentes son Las Derrumbadas, dos montañas gemelas de forma aproximadamente cónica, de fuertes pendientes y casi completamente cubiertas de vegetación; su nombre les viene de los derrumbes que constantemente tienen lugar, no solamente en las paredes abruptas de sus barrancas, sino también cerca de las cimas y en los lugares donde la pendiente es mayor que la del talud natural de la tierra suelta, en la que se resuelve la roca (andesitas), cuando ya ha sufrido una alteración muy avanzada. Es muy posible, y nos inclinaremos á creer que esta alteración no es puramente atmosférica, sino que estas rocas han sufrido en partes la alteración química producida por algunos gases de fumarolas hoy completamente extinguidas. Casi al pie de una de estas imponentes montañas existe todavía un respiradero de aire caliente y vapor de agua, en el que funda el vulgo su creencia de que los derrumbes constantes son el efecto de una acción volcánica actualmente manifiesta. Hace pocos años, en una de las Derrumbadas hemos visto y admirado la velocidad y el estruendo con que ruedan las piedras por las barrancas hasta detenerse, después de un trayecto de cerca de 100 metros, en ya enormes

terreros. En la Derrumbada septentrional observamos cerca de la cima un derrumbe en roca tufácea, que se agranda con rapidez increíble, muy notable por la forma caprichosa que han tomado los accidentes del terreno. Partes de roca menos atacada forman aristas muy agudas, separadas por surcos transversales profundos y muy próximos, de tal manera que á la distancia tienen la apariencia de gigantescas pirámides de tierra. La parte de montaña así atacada es una mancha clara desnuda, en medio de la tupida vegetación, y debe ser muy reciente el principio de la fuerte acción erosiva, porque de los bordes de los grandes paredones que ha practicado la erosión, hemos visto caer grandes árboles. Las Derrumbadas, de altura casi igual, se elevan próximamente á 800 metros sobre los llanos; sus cimas se ven cubiertas frecuentemente de gruesas nubes, y son condensadoras importantes que originan repentinas y fuertes precipitaciones.¹

Los torrentes que bajan de los derrumbes acarrean grandes cantidades de tierras, que han formado colosales conos de deyección.

En la base meridional y occidental de Las Derrumbadas se encuentran cerros de menor altura, que ya son pequeños volcanes con su cráter, coronando á pequeñas corrientes de lava, ó bien porciones muy desnudas de gruesos pliegues de rocas cretáceas, como en los cerros llamados de "Las Ventanas." Igualmente, del lado

¹ Esta opinión va un poco contra la idea de Saussure, quien al hablar de la irregularidad de las lluvias en la Mesa Central, dice que en la llanura de Perote, hacia las Montañas de las Derrumbadas, las lluvias son menos persistentes. *Coup d'œil sur l'Hydrologie du Mexique, etc.* Mém. de la Soc. de Géographie de Genève, 1862.

oriental, un volcán muy joven, aparte de abundante ceniza, arrojó una corriente de lava al Norte de la Hacienda de la Capilla, que hubo de cortar la comunicación entre los llanos de Chalchicomula y los de Quecholac y San José, que hoy forman una cuenca separada. Dollfus, Monserrat y Pavie¹ han hecho aparecer la corriente de lava de la Capilla en su perfil de Perote á Tehuacán, y han hablado de las formas variadas que han tomado por la erosión las colinas tufáceas que se encuentran en sus inmediaciones.

Las estructuras más importantes del interior de los llanos, son las que se encuentran al N. y N.E. de Las Derrumbadas, no por su altura, que es muy inferior á la de estos altos macizos, sino por la naturaleza del material que las forma, por su tectónica y por la independencia que muestran entre sí á pesar de su proximidad. Consisten estos otros conjuntos montañosos: uno, de un grupo de cerros coronado por una eminencia central llamada la Sierra Blanca, de naturaleza completamente volcánica. La forma de este conjunto resulta de la reunión, por decirlo, de varios cráteres, en su mayoría de explosión, pegados los unos contra los otros, con la particularidad de que los más importantes no son de material basáltico como los cráteres-lagos que se encuentran inmediatos, sino constituídos de pómez y cenizas rhyolíticas, formando gruesas capas en los bordes de estos cráteres, y envolviendo numerosas bombas de obsidiana negra. La parte más elevada de la Sierra Blanca es una especie de tapón cilíndrico de roca rhyolítica tufácea, ocupando el medio de un gran cráter de tobas rhyolíti-

1 *Archives de la Commission Scientifique du Mexique*. Paris, 1868.

cas, tan fácilmente atacadas por la erosión, que reproducen en escala menor, pero no menos instructiva, esas entalladuras profundas y menudamente distribuidas que hemos citado hablando de Las Derrumbadas. Estas formas producidas por erosión, imprimen á la Sierra Blanca su sello característico. Muy blancas se ven estas partes desgarradas del borde cratérico de la Sierra Blanca, en contraste con la masa cilíndrica rojiza de su cima con sus paredes verticales. La vegetación lucha para mantenerse vigorosa en medio de esta destrucción. El color blanco de las superficies descarnadas de cenizas, bien le han valido el nombre de Sierra Blanca.

Para dar una idea clara de estos cráteres que por su naturaleza rhyolítica son muy interesantes, nos proponemos consagrarles particular atención después, más cuando se encuentran al lado de otros cráteres de explosión de tipo basáltico, que son los más comunes.

El otro grande macizo, al Norte de Las Derrumbadas, en lugar de ser un conjunto de cerros agrupados entre sí, más por origen que por liga topográfica, es verdaderamente una sierra en forma de media luna, con la parte entrante mirando hacia el N.W. Comienza en sus dos extremos por colinas bajas, ligadas entre sí, las que se elevan progresivamente hasta constituir un espinazo continuo con pocas ramificaciones. Casi en el medio de la sierra se encuentran las mayores alturas, como se ve en nuestro perfil. Aunque dicha sierra está formada por rocas de distinta naturaleza, los efectos de la erosión no han dejado señales aparentes que las distingan, y sí muy visibles contrastes de color que nos han servido de guía para la demarcación de las áreas que cada formación abarca. Entre las rocas (que unas son sedimen-

tarias y otras intrusivas y eruptivas), hay, en cuanto á los efectos de denudación, cierta subordinación; las sedimentarias, susceptibles de un desgaste fuerte, no sólo por su posición sino por su poca dureza en general, se han preservado bastante, porque las rocas intrusivas forman el núcleo de la sierra; también hay en ellas cierta rigidez en el contacto causada por los fenómenos de metamorfismo tan marcados, que ocasionaron dichas rocas ígneas. Nuestro plano geológico y el perfil, dan una buena idea del aspecto topográfico de esta sierra, llamada de Techachalco, que se levanta como una montaña en medio de los llanos, pero muy próxima de la Sierra Blanca y de Las Derrumbadas, entre las que se interpone un cráter-lago, el cráter de explosión de Atexcaqui, uno de los más interesantes y grandiosos de los que vamos á describir en la segunda parte de este estudio.

De una manera verdaderamente accidental, intempestiva, sin ninguna relación geológica, encontramos muy inmediatos á la Sierra de Techachalco otros cráteres de explosión, que muestran estructuralmente tan completa independencia con aquel antiguo macizo, que sin embargo de haber sido creadas las cavidades por una reacción violenta del interior, no han producido el más insignificante movimiento en el terreno vecino, aunque sí hayan volado en pedazos pequeños estribos de la sierra, en aquellas partes que se opusieron al paso de gases y vapores y del material pulverulento de la explosión. Los restos de los estribos de roca sedimentaria asoman todavía en las paredes del cráter de Atexcaqui antes citado. Así como este bellissimo cráter se encuentra en el extremo S.W. de la sierra, en el extremo N.

se encuentra uno de los más grandes, el cráter de Alchichica; en la punta de un pequeño estribo, al Oriente de la misma sierra, apareció un tercero, el cráter de la Preciosa. Nadie puede suponer, de lo poco que se tiene á la vista, que para la formación de estos cráteres ha habido necesidad de una causa común tectónica, que si existe, no la podemos hoy descubrir fácilmente, pues los cráteres no tienen orientación definida; tampoco vemos fallas importantes en las rocas sedimentarias de la sierra de Techachalco que tenga conexión con la situación de los cráteres; parece que lo mismo pudieron surgir aquí estos modernísimos aparatos, que lejos de toda montaña, como es el caso para el cráter-lago de Quecholac que se encuentra aislado en medio de los llanos, entre la Sierra de Techachalco y la Sierra del Pico de Orizaba.

Al hablar de las numerosas cuencas cuyo conjunto forman los llanos de Puebla, es importante notar que en un principio formaban un solo vasto recipiente que se ha subdividido por los cambios de nivel que ha traído consigo la aparición de los cráteres en muy reciente época, y la acumulación del material cinerítico que han arrojado, así como también las corrientes de lava basáltica que son un poco anteriores á los cráteres. Siempre las más grandes de las cuencas tienen como núcleo las montañas del interior de los llanos; sin embargo, no nos aventuraríamos á trazar todas las cuencas sobre un plano, porque para fijarlas con alguna exactitud serían necesarias cuidadosas nivelaciones, pero veamos otra vez cómo se encuentran distribuídas, si esto es necesario, después de lo que ya hemos expuesto sobre este asunto: La Sierra de Techachalco, la Sierra del Citlal-

tepetl y la corriente de lava de la Capilla, limitaban un valle que se unía á los llanos del Salado; la formación del cráter de Alchichica interceptó la comunicación, no por la elevación de su propia estructura, sino por los polvos volcánicos arrojados á distancia y por el arrastre de este material por la erosión; así pues, queda circunscrita la cuenca de Quecholac, que tiene un reborde muy bajo entre los bordes del cráter-lago mencionado y la pequeña sierra de calizas cretáceas que entra en el grupo de la Sierra de Tecoxtepec. Al Norte de la cuenca de Quecholac, y limitada principalmente por las faldas del Cofre de Perote, la sierra del gran Malpaís del Vigía Alto y el cerro Pizarro, se extiende la cuenca de los llanos de Perote cubierta de cenizas volcánicas, cuya depresión apenas se puede considerar separada de la de los llanos del Salado, cuya extensión hemos ya bosquejado. Por último, citamos las cuencas de San Juan y la de Chalchicomula, esta última un poco más regular de forma y más extensa, alimentada principalmente por el Citlaltepetl y limitada al Norte por Las Derrumbadas. Las aguas del Pico de Orizaba se reúnen en pequeños ríos, uno de los cuales pasa cerca de Chalchicomula y se pierde en los terrenos bajos del medio de esta cuenca.

Por regla general, la magnitud de los ríos como el de Chalchicomula, del Salado, etc., no corresponde en manera alguna al caudal de aguas que dichas cuencas son susceptibles de recoger, dada la importancia y frecuencia de las lluvias durante la propia estación; pero no debe olvidarse que todos los llanos están cubiertos de material volcánico muy poroso que permite la infiltración rápida de las aguas, además de que se extienden en gran superficie tan pronto como corren en la débil pen-

diente en el fondo de las cuencas, aumentando así la infiltración. Las aguas del Salado sí permanecen largo tiempo formando charcos y pantanos, porque esta cuenca recibe muy grande caudal y el lecho está formado, en gran parte, de capas de toba caliza dura.

El río de Chalchicomula se porta en las lluvias como un verdadero torrente, mientras que el Salado se desborda é inunda los terrenos durante los meses del Estío, interceptando ó haciendo intransitables los caminos que ligan los pueblos y haciendas del Norte con los poblados del medio de los llanos. El plan del Salado, en su parte más baja, se cubre de un manto de agna salada que se convierte en un terreno blanco, árido, cubierto de eflorescencias salinas durante el período de secas. Al pasar la estación de las lluvias, grandes charcos persisten por algunos meses. La abundancia de sales, especialmente de tequezquite, es bastante para mantener pequeñas fábricas de sosa en las cercanías del pueblo de Virreyes.

Obras muy simples de canalización podrían cambiar mucho las condiciones hidrográficas de la localidad. Como un ejemplo, citaremos una presa que existe en una hacienda al Occidente, que retiene un volumen de aguas considerable que viene del extremo oriental del Salado, en las cercanías de Huamantla, y que previene las inundaciones en los terrenos inmediatos al pueblo de Tepeyahualco. Se ha hablado ya de un proyecto de canalización para sacar las aguas de estas cuencas y verterlas en los valles del Sur, hacia Tecamachalco. Esto da una idea de lo poco elevados que son los bordes de las cuencas.

Separado del núcleo de montañas del medio de los llanos por medio de la parte más baja de la depresión

del Salado, se encuentra al Norte como obstruyendo el curso del gran Malpaís del Vigía, el cerro Pizarro, una alta montaña de base muy ancha, coronada por un cono regular rocalloso y de fuertes pendientes. Después de los cerros gemelos de Las Derrumbadas, el cerro Pizarro es el más elevado de los llanos, y de más atractivo por su forma elegante, como veremos después, y muy sugestiva. Se desprende muy bien en el paisaje como una gran pirámide, pues está lejano de toda eminencia que pudiera distraer un poco la figura casi simétrica de su contorno. La pirámide aguda superior que compone la mitad de toda la estructura, surge, por decirlo así, del medio de un gran cono truncado; peculiar disposición que no se puede percibir claramente sino á distancia, y especialmente por su lado oriental y septentrional. Fácilmente se descubre que el cerro Pizarro es el esqueleto de un antiguo volcán; es de constitución rhyolítica y de una importancia capital en el estudio cronológico de las rocas de la comarca, pues parece, según veremos más tarde, que las lavas más viejas relacionadas con este macizo han cubierto una superficie enorme, oculta ahora por los gruesos depósitos acumulados durante y después de las erupciones de los grandes volcanes andesíticos de la Sierra del Citlaltepétl y de los modestos volcanes de explosión. El cerro Pizarro es igualmente instructivo en conexión con el estudio de la Sierra Blanca, constituida de material semejante y de los cráteres de explosión de pómez que están adheridos á la masa cilíndrica que corona á esta sierra. El cerro Pizarro es la nota que embellece el camino de fierro Interoceánico en su tramo de Tepeyahualco al Limón, pues se pasa tan cerca de su base que es posible apreciar muchos de los detalles topo-

gráficos de su falda meridional, impresionando vivamente, como ya dijimos, la simetría de sus líneas. Como complemento necesario del estudio de los cráteres de la región, habremos de referirnos otra vez al Pizarro, haciendo una descripción más detallada.

Encontrándose los Llanos cerca del borde de la Mesa Central, en su región meridional, se comprende que su altura absoluta cuenta entre la de los valles más altos mexicanos. Tomando un promedio entre las alturas comparadas de las diversas cuencas componentes, encontramos que la altura media de los Llanos es de 2,325 metros, no sobrepasada entre los grandes valles más que por la del valle de Toluca.

Las mayores alturas del interior de los Llanos, hemos indicado ya que son las de los cerros gemelos de Las Derrumbadas, cuya elevación sobre la planicie no ha sido medida todavía con exactitud, pero puede calcularse aproximadamente en 800 metros. La del cerro Pizarro la hemos determinado con un buen aueroide en 3,080, ó sea de 725 metros sobre el Salado. Las otras eminencias ofrecen alturas moderadas, citándose, sin embargo, la de la cima más alta de la Sierra de Techachalco: la del cerro de Magdalena, con 2,690 metros, y la del punto más alto de la Sierra Blanca, que puede ser de 2,450 metros, que tampoco ha sido determinada.

En la lista siguiente se verá la pequeña altura á que se elevan los bordes de los cráteres de explosión, alturas tomadas, por regla general, de los puntos más altos de los bordes, apartándose á veces demasiado de la altura media, porque la mayoría de los cráteres tienen sus bordes muy desigualmente elevados.

Si se comparan las alturas del nivel del agua del fon-

do de los cráteres-lagos que rodean la Sierra de Techachalco, se observará desde luego que es apenas inferior á la de la llanura en donde se levantan, circunstancia que parece poner de manifiesto la dependencia de estos receptáculos con la distribución de las aguas de nivel poco profundo ó freáticas, relación que se manifiesta aún por los cambios de nivel que se observan en el nivel de las aguas de los cráteres.

La frecuencia de las lluvias en la región de los Llanos, se halla dentro de las cifras de precipitación de los otros grandes valles meridionales de la Mesa Mexicana, así como su clima en general responde al de una planicie muy elevada cercada de altas montañas; es decir, cambios bruscos en la humedad atmosférica por efecto del enrarecimiento del aire, temperaturas relativamente bajas, correspondientes á la altura y á la influencia de las altas montañas. Sin embargo, la variación general de aquel clima depende, en gran parte, del efecto que producen los nortes y las tempestades del Golfo, cuya acción se hace sentir siempre en el interior de la Mesa Central. Es característica de los Llanos, la frecuencia de fuertes vientos, principalmente en los meses del invierno, y que soplan más violentos en los llanos de Perote, efecto seguramente de la circulación que se establece entre los aires calientes y húmedos de las costas y los fríos y secos de la Mesa, que encuentran fácil circulación por el boquete que separa al Cofre de Perote de las sierras que circundan los anfiteatros y barrancas al Norte de las Vigas. La circulación encontrada de los vientos en los Llanos de Perote, origina frecuentes y grandiosos remolinos. La violenta circulación de los vientos en los meses del invierno, tiene lugar aun en las

grandes alturas, como hemos podido comprobarla en nuestras ascensiones al Cofre de Perote.¹

Ponemos á continuación una lista de las alturas de algunas de las montañas interiores de los Llanos y de los cráteres de explosión:

San Andrés Chalchicomula.....	2,520 m.
Estación de Chalchicomula, F. C. M.....	2,430 ..
Hacienda de Xalapazco, borde del Xalapazco ²	
Grande.....	2,555 ..
Fondo del Xalapazco Grande.....	2,485 ..
Borde E. del Xalapazco Chico.....	2,600 ..
Fondo del Xalapazco Chico.....	2,450 ..
Aljojuca. Plaza del pueblo.....	2,530 ..
Iglesia del Calvario, borde del Axalapazco de Aljojuca	2,570 ..
Pueblo de Atenco, borde W. del Axalapazco de Aljojuca	2,490 ..
Nivel del agua Axalapazco de Aljojuca.....	2,385 ..
Borde E. del Axalapazco de Tecuitlapa.....	2,495 ..
Borde W. del Axalapazco de Tecuitlapa.....	2,475 ..
Cima del cerrito en medio del cráter de Tecuitlapa	2,470 ..
Nivel del agua Axalapazco de Tecuitlapa.....	2,390 ..
Tepeyahualco, pueblo.....	2,355 ..
Llanos del Salado.....	2,350 ..
Hacienda de Pizarro.....	2,355 ..
Cima del cerro Pizarro.....	3,080 ..
Hacienda de Techachaleco.....	2,360 ..
Cerro de Magdalena, cima principal de la Sierra de Techachaleco.....	2,690 ..
Portezuelo del camino entre Techachaleco y la Preciosa	2,575 ..

¹ Mucho y bueno ha dicho Saussure respecto al clima de esta región de México en su *Coup d'œil*, etc. Mém. de la Soc. de Géographie de Genève, 1862.

² *Xalapazco* y *Axalapazco* son palabras indias que usamos para designar los cráteres de explosión, como se explicará en la segunda parte de este trabajo.

Cima del Cerro Grande, Sierra de Techachalco.	2,570 m
Portezuelo del camino de Techachalco al Axalapazco de Atexcaqui.....	2,470 „
Borde oriental del Axalapazco de Atexcaqui.....	2,520 „
Nivel del agua Axalapazco de Atexcaqui.....	2,410 „
Borde Sur del Axalapazco de la Preciosa.....	2,400 „
Nivel del agua Axalapazco de la Preciosa.....	2,395 „
Ranchería de Quecholac, borde del Axalapazco de Quecholac.....	2,385 „
Nivel del agua Axalapazco de Quecholac.....	2,365 „
Borde S.E. del Axalapazco de Alehichica.....	2,375 „
Nivel del agua Axalapazco de Alehichica.....	2,345 „
Cima del cerro de Tepeyabualco.....	2,610 „

LAS CONDICIONES TECTÓNICAS DE LOS LLANOS.

Con los datos que anteriormente hemos expuesto sobre la topografía general de los llanos, de las montañas que los rodean y la sucinta indicación de las clases de rocas que las constituyen, nos parece posible entrar en algunas consideraciones sobre las condiciones tectónicas de toda esa región. Quizá hubiera sido más práctico referirnos á tan importante asunto, al final del estudio que nos proponemos en este trabajo; pero como no nos ocuparemos especialmente más que de las creaciones más recientes y de otras formaciones muy localizadas, no sería posible encontrar cabida en otra parte, á considerar de nuevo los Llanos en conjunto. Además, esta pequeña contribución á la tectónica, no es más que una explicación concisa de los hechos que hemos podido observar aisladamente, puesto que los elementos que nos han servido tuvieron que ser tomados de puntos más ó menos diseminados y distantes de los lugares donde se encuen-

tran los cráteres, cuyo estudio absorbió la mayor parte del tiempo.

Según hemos visto al hablar de la topografía, en el interior de los Llanos se encuentran sierras pequeñas, constituídas de rocas sedimentarias y montañas elevadas, construídas con material eruptivo. Lo mismo debe decirse de las sierras limítrofes; unas son puramente erúpticas, como la del malpaís del Norte, y la del Citlaltepetl, y las otras, de rocas estratificadas, como la del Sur y la Sierra de Puebla, por más que esta última se halle bordeada por rocas de naturaleza volcánica. En la mayor parte de los casos se observa topográficamente una separación bien clara entre los macizos constituídos de unas y otras rocas, especialmente cuando las rocas eruptivas son comparativamente jóvenes. Una simple mirada sobre el paisaje, basta para notar la independencia que existe entre la sierra de arista no interrumpida del Citlaltepetl con las pequeñas sierras constituídas de calizas cretáceas, que con cierto paralelismo siguen el flanco y la base occidental de aquella sierra, y que penetran, ya ligadas, ya discontinuas, hacia el interior de los Llanos, como se ven en las cercanías de Tlachichuca, de Tepetitlán, al Norte de Chalchicomula; ó bien cerca de la hacienda de Tenextepéc y del pueblo de Cuautotolapan, al S.W. de Perote. En el Occidente de los Llanos se advierte la misma separación, como se ve fácilmente al N.W. de San Juan de los Llanos. Nada tienen de común en lo que se refiere á relieve, en el interior de las cuencas, las Sierras de Tepyahualco, de Techachalco, de Tecoxtepec, las Ventanas, etc., de calizas y pizarras, así como otras pequeñas aristas bajas de las mismas rocas, ni con el cerro Pizarro ó con la Sierra Blanca, de rocas rhyolíticas, ni con

las Derrumbadas de rocas andesíticas, por más que la Sierra Techachalco y la Sierra de las Ventanas estén muy inmediatas á aquéllas. Esta independencia topográfica de los macizos eruptivos jóvenes, de las montañas de rocas sedimentarias, tienen una importancia decidida en la tectónica, porque muestra fácilmente que si bien las construcciones volcánicas por su volumen y altura son las que dan hoy al terreno su mayor relieve, las rocas sedimentarias, de tiempo atrás, habían ya dado una fisonomía á toda la región que no había de venir más que á exagerarse poderosamente al final de un gran ciclo volcánico. En efecto, la Sierra de Citlaltepétl debió seguir en su formación la línea directriz marcada por la orientación de los pliegues escalonados que componen la Sierra Madre Oriental, surgiendo aquella sierra de una sola vez y creciendo después por series paroximales de erupciones y por desalojamiento de los puntos de erupción. La misma observación puede hacerse en los bordes de la Sierra de Puebla, en donde las masas eruptivas se extienden según las líneas marcadas por la orientación de las aristas sedimentarias. No podemos entrar aquí en la discusión de si tales masas han seguido líneas de fallas ó de fracturas, ó abierto por sí solas su propio camino; pero el hecho de seguir las sierras, con marcado paralelismo el rumbo de los pliegues de rocas cretáceas que definen el relieve oriental de México, es ya bastante para suponer una débil resistencia según esta dirección, como lo asienta claramente Aguilera,¹ y á lo que parece inclinarse el Dr. Böse,² aunque ha-

1 J. G. Aguilera.—*Sobre las condiciones tectónicas de la República Mexicana*. Of. Tip. de la Secretaría de Fomento. México, 1901, pág. 31.

2 Dr. E. Böse.—*Sobre la independencia de los volcanes de grietas preexistentes*.—Mem. Soc. Alzate, T. 14, pág. 218-221.—México, 1899.

ya apoyado en algunos casos la idea de la independencia de los volcanes de las grietas preexistentes.

Una particularidad notable del terreno que nos ocupa, es que las montañas volcánicas del interior de los Llanos no están agrupadas formando sierras, sino que aunque muy próximas entre sí, son independientes una de otra. Apenas podría decirse que las Derrumbadas gemelas se ligan por su base, cuanto que el portezuelo que se interpone es muy poco más elevado que la llanura y está ocupado hoy por un moderno y pequeño volcán. El cráter-lago de Atexcaqui, en el flanco Norte de la Derrumbada septentrional, se interpone entre ésta y la Sierra Blanca, y por último, el cerro Pizarro está totalmente aislado. Estos agrupamientos de cerros volcánicos elevados y no de sierras, en medio de los grandes valles y cuencas, es muy característico en el Sur de la Mesa Central, y es indudable que su posición obedece á ciertas particularidades en el modo de ser de las rocas que les sirven de base, dispuestas en pliegues que dejaron largas cavidades profundas, hoy convertidas en valles amplios y planos á fuerza de rellenamiento.

Si suprimiéramos en la región de los Llanos el enorme espesor de material volcánico detrítico allí acumulado en capas sucesivas, obtendríamos varias de esas fosas profundas que han resultado: bien de los hundimientos en block verificados en extensas comarcas del país, ó bien valles profundos que formaban los grandes plegamientos, según los cuales se marcan fallas más ó menos paralelas y escalonadas, tal como se ven según Böse¹ en la vertiente oriental de la Sierra Madre hacia

¹ E. Böse.—*Geología de los alrededores de Orizaba*.—Bol. Inst. Geol. México, núm. 13, 1899.

el Golfo. Aguilera y otros, opinaban con anterioridad que tal debería ser la tectónica, al considerar los movimientos de las rocas cretáceas cuando han experimentado esfuerzos que las han obligado á doblarse en pliegues paralelos normales á la dirección de las fuerzas tangenciales que sobre ellas han obrado. Felizmente, de la superficie sensiblemente plana de los Llanos, como hemos visto, sobresalen numerosas arrugas de rocas cretáceas que se han salvado, á causa de su altura, del diluvio de cenizas volcánicas y de aluviones que rellenaron las fosas. De tales surgimientos, más ó menos esporádicamente diseminados, podemos sacar, según creemos, los trazos fundamentales de la tectónica de esta región.

En efecto, cualquiera que pueda ser la orientación de las sierras cretáceas de los Llanos, las capas de diversa naturaleza petrográfica y espesor tienen un rumbo casi constante N.W.-S.E., ó que oscila alrededor de la línea Norte-Sur. Además, los echados de las capas son siempre muy fuertes, ya hacia el Este como al Oeste, aunque este último parece ser predominante. Muchas aristas pequeñas tienen una dirección más ó menos transversal, de manera que en las faldas asoman las cabezas de las capas, lo que permite apreciar, aun á distancia, en la superficie siempre desnuda y rocallosa, el rumbo de los estratos.

Petrográficamente, las rocas sedimentarias de los Llanos se pueden separar en tres clases, que por orden de sobreposición se suceden de abajo hacia arriba como sigue:

I. Pizarras arcillosas, algo satinadas, de color gris claro, muy hojosas, con intercalaciones de capas delgadas de caliza. II. Capas muy gruesas de calizas grises,

muy semejantes á las calizas de Escamela y á las calizas con rudhistas de la serie cretácea de Orizaba, y III. Capas no gruesas de calizas y de calizas algo arcillosas con numerosas lentes de pedernal. Las primeras, como las últimas, parecen haber cedido fácilmente á los plegamientos, pues que se ven en algunos lugares con accidentes pequeños, no así las intermediarias, que muestran siempre pliegues y curvaturas de muy grande radio. Las pizarras arcillosas constituyen, con algunas rocas intrusivas y volcánicas, la Sierra de Techachalco, en el medio de los Llanos; parte de las calizas gruesas se encuentran allí también, aunque con discordancia sensible, y se ven igualmente en otras sierras lejanas; por último, la serie III es bien característica en varias sierras, pero especialmente en la de Tepeyahualco y en otras pequeñas aristas inmediatas.

Ahora bien; las pizarras arcillosas muy hojosas son, á no dudarlo, las rocas más antiguas de la serie sedimentaria de los Llanos, lo mismo que las considera Böse en la vertiente oriental de la sierra, de donde las ha descrito con el nombre de "pizarras de Necoxtla," aunque no fija la edad con seguridad por haberlas encontrado desprovistas de fósiles. En el contrafuerte de la alta Sierra de Techachalco, que va hacia el cráter-lago de la Preciosa, Dollfus, Monserrat y Pavie, vieron estas pizarras sin fósiles; las comparan, por su aspecto, á las de la formación Silúrica de Gembloux, en Bélgica, sin que lleguen á afirmar que esta es la edad de esas pizarras.

La circunstancia de encontrarse las pizarras en el me-

1 *Archives de la Commission Scientifique du Mexique.*—Note accompagnant la coupe de Perote á Tehuacan. II.—1867.—Paris.

dio de los Llanos, de tener un rumbo semejante al de las calizas en gruesos bancos y al de las calizas con peder-
nal, y por último, la regularidad y en algunos casos la
simetría de los echados, nos deciden á considerar el con-
junto de los afloramientos sedimentarios de los Llanos
como los restos de un gran anticlinal, un poco acostado,
afectado de numerosos pliegues más pequeños, paralelos
y escalonados. Alrededor del corazón del gran antici-
linal, que parece ser la Sierra de Techachalco, se han ve-
rificado numerosos hundimientos de grandes blocks de
pliegues enteros de calizas. Viene después la poderosa
erosión, las erupciones, el relleno de material volcánico
que cubre las hondonadas de los pliegues y las fosas de
hundimiento, á transformar la región en una llanura con
numerosas aristas y picos volcánicos. Sería muy difícil
asegurarse, considerando el enorme relleno de material
volcánico, qué condiciones de tectónica reglaron la sa-
lida de las grandes masas eruptivas en el interior de los
Llanos; pero basta sugerir que su posición coincide con
algunos trastornos grandes en los pliegues de rocas se-
dimentarias, para comprender que estos trastornos con-
tribuyen decididamente á la formación de los macizos
volcánicos en determinadas regiones.¹

Lo que hemos expuesto aquí en pocas palabras, res-
pecto á la tectónica de los Llanos, deducida desgracia-
damente de un número reducido de datos, es una buena
aplicación, ya que se muestra con bastante claridad, de

1 Esta condición de tectónica que afecta á los grandes macizos, no parece ne-
cesaria para volcanes pequeños y oráteres de explosión que no son más que los
testigos del agotamiento y subdivisión de grandes focos volcánicos. Véase á este
respecto lo que hemos dicho en nuestra pequeña nota: *Sobre ejemplos proba-
bles de tubos de erupción*. Mem. Soc. Alzate. T. 22, 1905.

las ideas expuestas por Aguilera en las páginas de su estudio recientemente publicado sobre las "Condiciones tectónicas de la República Mexicana."

Se comprenderá fácilmente la magnitud del gran anticlinal con sus pliegues secundarios, cuyos restos asoman en los Llanos, recordando qué partes de los pliegues laterales están distantes en algunas partes más de 30 kilómetros.

LA SIERRA DE TECHACHALCO.

Hemos dicho que la Sierra de Techachalco con la Sierra Blanca y las Derrumbadas, constituyen un núcleo importante de montañas en el medio de los Llanos, y que alrededor de ella se encuentran varios volcanes de explosión. Topográficamente, la Sierra de Techachalco es muy simple, sus accidentes, aunque numerosos, son poco pronunciados, como lo revela desde luego el contorno de su cresta; no tiene pendientes bruscas ni grandes ramificaciones y se prolonga de un extremo al otro en la forma de una curva de ocho kilómetros de longitud. La sierra es relativamente ancha en su medio (correspondiendo á las mayores alturas: cerro de Magdalena, cerro de la Preciosa, etc.), y angosta y poco elevada en sus dos extremos. Todos los accidentes estratigráficos son fáciles de observar porque la superficie está desprovista de vegetación y esto mismo permite notar la poca ó ninguna relación que existe entre la disposición de sus rocas y las formas que afectan las pendientes como si dichas formas hubiesen sido cinceladas puramente por la erosión; pues por ejemplo los arroyos, que son poco profundos, definidos por la concurrencia de super-

ficies convexas, se encuentran en un constante estado de juventud porque la denudación ejercida sobre toda la superficie de la sierra es tan eficaz, que no deja tiempo á madurar los surcos más intensamente atacados de los arroyos. Esta condición de las formas en una sierra de rocas relativamente antiguas, procede de la facilidad con que se dejan atacar las rocas que la constituyen y de la influencia del clima (cambios bruscos de temperatura, vientos fuertes y frecuentes, grande sequedad y humedad alternativas, y por último, lluvias de carácter torrencial). La Sierra de Techachalco, pues, está en un estado avanzado de disección, y así lo comprueban las condiciones estratigráficas.

En efecto; la parte central de la Sierra de Techachalco es un macizo intrusivo con costras adheridas de la formación sedimentaria en la que se hubo inyectado, y las cuales lo revisten con muy diferente espesor.

En otros lugares, sin embargo, principalmente en los extremos de la sierra, predominan las rocas sedimentarias. En las partes medias de la sierra, las pizarras separadas en girones hacen ver que son verdaderos parches que se han escapado de la erosión en los contactos con la roca intrusiva.

El grupo de rocas sedimentarias consiste, como hemos dicho, de una serie de pizarras muy exfoliadas, arcillosas, ligeramente satinadas, de colores claros (verde gris, gris amarillento, blanco agrisadas), con intercalaciones de calizas apizarradas. Presentan echados muy fuertes, desde 55° hasta completamente verticales, y con rumbos que oscilan entre 45° y 70° N.W., es decir, en posición casi transversal al rumbo medio de la sierra, de tal modo, que en la cresta y en las pendientes se ven

constantemente las cabezas de las capas resistentes, asomando como costillas salientes. Desgraciadamente no es posible fijar la edad de estas pizarras por la ausencia de fósiles, pero si como es posible, corresponden á la serie que se encuentra en la región de Necoxtla, en la bajada oriental de la Mesa Central, entonces se les puede atribuir una edad anterior á las rocas del cretáceo medio (calizas), que soportan allá en muchos lugares.

El hecho real es que estas pizarras parecen muy antiguas, aunque las hayamos colocado provisionalmente como pertenecientes al cretáceo inferior. Ya hemos visto cómo Dollfus, Monserrat y Pavie las comparan, petrográficamente, con las de la formación silúrica de Gembloux, en Bélgica.

Pequeños girones de calizas, en gruesos bancos, se encuentran en el extremo meridional de la sierra, uno de cuyos girones está representado en nuestro plano en el cerro de la Calera. Dichas calizas tienen un rumbo semejante al de las pizarras, pero con echado contrario (70° al N.E.). Hay, pues, una falla, que hizo deslizar una parte del macizo intrusivo que hoy aparece como cortado en la proximidad de las calizas un poco despedazadas en la falla.

Aunque los echados de las pizarras son un poco variables, predomina, sin embargo, la inclinación hacia el S.W. De uno y otro lado del macizo intrusivo se puede encontrar el mismo horizonte de rocas, á juzgar por el número y posición de las intercalaciones de calizas apizarradas. Entonces, para explicar esta disposición, hay que recurrir á la idea de que los extremos N. y S. y S.W. de la sierra, representan las dos ramas de un colosal anticlinal descabezado, acostado un poco hacia el N.E.,

tal como lo hemos querido representar en nuestro perfil. Si esta es la verdadera posición de las pizarras, es probable que éstas constituirían la parte más elevada del geoanticlinal destruido, cuyos pliegues secundarios encontramos en los límites de los Llanos en rocas del cretáceo medio (calizas en gruesos bancos y calizas apizarradas), de que hemos hablado en la tectónica general de esta región.

El estudio estratigráfico y tectónico de las pizarras de Techachalco, habría sido mucho más fácil si no hubieran sufrido un tan avanzado metamorfismo en el contacto con las rocas intrusivas, que las han transformado en rocas silizosas muy duras (corneanas) destruyendo su exfoliación y dándoles, á veces, un aspecto que mucho se confunde con las mismas rocas intrusivas cuando son éstas afaníticas. La complicación se aumenta con la presencia de diques y vetas minerales, no sólo en las mismas rocas intrusivas sino también en las pizarras. Numerosos de estos diques, desde unos cuantos decímetros hasta cuatro metros de espesor, siguen el rumbo de las pizarras ó las cortan oblicuamente en las lomas bajas que se desprenden del cerro de la Ventura en el extremo Norte de la sierra, cerca del cráter-lago de Alchichica. El metamorfismo de las pizarras se ve muy claramente en zonas relativamente grandes, lejanas de los contactos, por ejemplo: arriba del cerro de la Ventura, en el portezuelo á un lado de la cima del cerro de la Preciosa y cerca del cerro de la Calera; en este último lugar, la presencia de calizas cerca del contacto, produce calizas muy cristalinas con algunos silicatos de metamorfismo, como el granate que se encuentra en pequeños cristales.

Si tomamos en cuenta la posición de las pizarras con respecto á la masa de roca intrusiva y á la forma de este macizo, podremos cerciorarnos de su completa independencia tectónica. La intrusión tuvo lugar posteriormente al movimiento de las pizarras. Además, la sierra debería haber ya sufrido una fuerte erosión, no sólo porque se ha inyectado la roca en delgados diques, sino también porque brotó hasta la superficie, mostrando entonces los caracteres de una erupción. Nuestra roca está en diques al Norte, se presenta como un macizo intrusivo en el medio de la sierra y al Sur; y por último, en la cima más alta, en el cerro de Magdalena, sale á la superficie sobre las pizarras, como un doma. La emisión de la roca es acompañada de ciertos movimientos bruscos que engendran brechas de fricción. En la cima de Magdalena se ven las rocas de efusión con un partimiento horizontal á la vez que vertical, es decir, una estructura columnar y también de gruesas lajas sobrepuestas. (Quesos.) La correlación estricta entre las rocas efusivas y las de intrusión, se manifiesta en la cresta de la sierra por la perfecta gradación que existe entre ellas á despecho de las grandes diferencias extremas, pues desde una estructura francamente granítica que tiene en gran parte la roca de la intrusión se llega hasta la estructura microlítica, rica en pasta vítrea en las efusivas, sobre una composición mineralógica y química algo diferente.

La roca más profunda y probablemente la dominante en el *stock* de Techachaleco, es holocristalina lipidiomorfa, compuesta de playas alotriomorfas de ortoclasa y cristales idiomorcos de oligiclasa, de piroxena y algunas veces también de hornblenda. Los cristales de

piroxena se agrupan en nidos y se asocian con el cuarzo, el que á su vez se distribuye en la masa como último elemento de formación. La esfena existe en numerosos cristallitos pequeños en algunas de estas rocas. Esta composición responde á la de las monzonitas cuarcíferas.

Cerca de los contactos con las rocas sedimentarias, ó para decir mejor, en la periferia del macizo intrusivo, las rocas son generalmente muy finamente granudas ó microcristalinas porfíricas, pues en una pasta como la de los microgranitos, formada de cuarzo y ortoclasa, hay diseminados cristales de oligoclasa y de hornblenda ó de piroxena, esta última, alterada las más veces en epidota.

En los diques tan numerosos en el extremo Norte de la sierra, las rocas ya contienen muy poca ó ninguna ortoclasa. Se transforman en rocas de pasta microlítica, con cristales de oligoclasa y de piroxena ó de hornblenda. Se pueden considerar como porfíritas andesíticas.

Por último, la masa efusiva que corona el cerro de Magdalena, contiene mayor cantidad de residuo vítreo entrando en la categoría de andesitas de hornblenda. Hay también aquí, brechas y tobas andesíticas.

EL CERRO PIZARRO.

Hemos hecho ya mención en las páginas anteriores, al tratar de las montañas que se levantan en medio de los Llanos, del cerro Pizarro, cuya altura y forma peculiar llaman desde luego la atención.

En efecto, el macizo se levanta á 730 metros de altura sobre la llanura del Salado, que está á su vez á 2,350

metros sobre el nivel del mar; así es que la altura absoluta del cerro es de 3,080 metros.

De cualquier lugar que se mira la montaña, presenta una figura igual y un contorno simétrico. La montaña del Pizarro, que aparece con formas algo rígidas por la falta de abundante vegetación arborescente, muestra, topográficamente, dos partes distintas, muy claramente separables y muy sugestivas: *a.*—Un cono truncado de pendiente no muy fuerte, de base muy ancha y de sección circular que se levanta suavemente de los Llanos. *b.*—Un cono superior agudo, casi una pirámide triangular, que aparece como surgida del centro del gran cono de la base.

Esta forma, de doble cono, se aprecia muy bien en la vista de la lám. XVIII, tomada del lado occidental. En la vista tomada del Sur, desde la llanura, el cono inferior apenas se reconoce en los contrafuertes que rodean la base del cerro y cuyo contorno hemos trazado en el esquema.

La pirámide superior, es más bien lisa que con accidentes de importancia, á no ser surcos insignificantes ó barrancas incipientes, mientras que el cono truncado inferior, de bordes un poco recortados, se ve subdividido á causa de barrancas tortuosas distribuídas en su derredor, separando numerosos acantilados ó pequeños taludes de pendiente desigual.

La montaña puede ser accesible casi por todos lados, pero hemos escogido para nuestra ascensión el camino muy cómodo que se ha practicado en el flanco occidental y que llega hasta la mitad de la altura, es decir, hasta la corona de rocas del cono inferior, pues aunque aparentemente éste se muestra de menor altura que el cono

superior, con relación á la llanura, se dividen entre los dos casi por mitad la altura total de esta eminencia.

Bien pronto se advierte, al áscender el Pizarro, que entre ambos conos hay una cierta independencia, aunque el cono ó la pirámide terminal se levanta, por decirlo así, del centro geométrico del cono que le sirve de zócalo. Una depresión anular se advierte al partir del borde oriental del gran cono de la base, encorvándose en semicírculo tanto hacia el Norte como hacia el Sur, siempre descendiendo, hasta abrirse en el lado occidental, donde una interrupción del talud externo del gran cono se ha sustituido por un colosal cono de deyección. Se comprende fácilmente que la erosión es el motivo principal de esta individualidad en las partes constitutivas del Pizarro, pues vemos en las depresiones anulares verdaderas barrancas por donde circulan las aguas, marcando su paso arroyos cubiertos de grandes piedras desprendidas de los acantilados que se alzan en el talud interno del cono inferior, algunos de los cuales tienen hasta 50 metros de altura; pero es también seguro, partiendo de la constitución geológica de esta curiosa montaña, que la erosión ha acentuado fuertemente, más que diversificado la forma original de toda la estructura.

Por lo que respecta á la forma del Pizarro, se habrá podido comprender que es el resto de un antiguo volcán; todas las rocas que constituyen esta montaña son de naturaleza rhyolítica.

A despecho de la abundancia extraordinaria de rhyolitas, bocas de erupción de esta clase de rocas, no son, á la verdad, muy comunes en México, porque la erosión ha arrastrado hasta con los vestigios ó dejado esqueletos que apenas se pueden identificar.

Vestigios de grandes corrientes de rhyolitas hemos descrito al hablar de los grandes anfiteatros de las cercanías de las Vigas¹ y de las pendientes de la Sierra del Citlaltepctl, no lejos de Xalapa. El volcán rhyolítico del Pizarro, puede muy bien ser uno de los últimos aparatos creados durante la erupción de aquellas corrientes de lavas ácidas que para escurrir en la superficie han atravesado las calizas y pizarras cretáceas muy plegadas sobre las que descansan directamente. Si es cierto que este macizo rhyolítico y otros pequeños aparatos rhyolíticos en medio de los Llanos pueden tener alguna conexión, como hemos dicho, con la amplia meseta rhyolítica de Chavarrillo, que forma un escalón de la Sierra del Citlaltepctl en su descenso hacia la costa, y con las corrientes de los anfiteatros, etc., productos de erupciones anteriores á la formación del Cofre y Pico de Orizaba, entonces podríamos suponer que debajo de las lavas del Cofre de Perote y debajo de los sedimentos volcánicos recientes que cubren la superficie de los Llanos, un manto rhyolítico más ó menos denudado debe existir, llenando alguna de las grandes depresiones formadas durante el movimiento tectónico de las rocas cretáceas. Sin embargo, entre los nuevos volcanes del tipo explosivo que han aparecido en los Llanos, y que posteriormente vamos á describir, sólo en una región circunscrita han mostrado material rhyolítico. La presencia de material basáltico, como único constituyente de los nuevos cráteres de explosión, nos decide á pensar que se han formado estos cráteres directamente sobre el

¹ Las barrancas de las Minas y de Tatatila. Bol. Soc. Geol. Mex. T. I.—1905.

substratum general, es decir, en los flancos de los grandes y agudos pliegues de las rocas cretáceas.

Para dar una idea comprensiva de la estructura del Pizarro, hemos formado un perfil, ejecutado fielmente con los datos que hemos adquirido al hacer nuestra ascensión por el flanco septentrional, y un tanto hipotético en el flanco opuesto, que no hemos recorrido sino hasta la mitad de la altura.

Es muy sencilla la construcción del cono superior, pues no está formado más que de un macizo de rhyolita de color rosado ó gris, con partimientos en lajas gruesas verticales ó muy poco inclinadas, que se descubren francamente cerca de la cima del cono.

Hacia abajo, cerca de su base, la roca maciza se cubre de un aglomerado en forma de talud, formado de piedras de todos tamaños, retenidos por productos terrosos de desagregación de esas mismas rocas y por tobas ó productos cineríticos, que son más abundantes á medida que alcanzan el nivel de la corona de rocas del cono truncado inferior. Si suprimiéramos los taludes de *detritus* que envuelven el cono superior del Pizarro, encontraríamos un macizo de forma piramidal tan agudo, que casi se asemejaría á un verdadero obelisco, descansando, como hemos dicho, en medio de un cráter de grandes dimensiones.

Más variada por el carácter físico de los materiales, es la estructura de partes del gran cono truncado inferior, cuya semejanza á un cráter no se ha perdido en el lado septentrional, á despecho de una avanzada erosión, y que se identifica no sólo por la forma anular de la cavidad interpuesta entre sus bordes y la base de la pirámide, sino aun por la ordenación de los productos que

atestiguan luego una acumulación sucesiva, como es la estructura de muchos cráteres volcánicos.

En la parte más baja que se puede ver, del talud interno del lado Norte de este enorme cráter, encontramos una masa toscamente estratificada de material cinerítico, compacta á fuerza de presión, envolviendo pedruscos no muy grandes de rhyolita maciza. Hasta un cierto nivel, la masa de tobas se acaba y descansa sobre ella, siguiendo la forma anular del contorno de la barranca, una faja de obsidiana negra, muy claramente visible por su color, que en la pared escarpada se ve como una cinta oscura, ya uniforme, ya subdividida en capas por intercalaciones de roca pomosa más clara de color. La obsidiana dura, resistente á la erosión, forma en partes la cresta del anillo, partida en columnas imperfectas ó en masas redondeadas, y en partes se corona de grandes trozos acantilados de rhyolita litoide, semejante á la del cono superior. Un grande acantilado que muestra estos diversos estados del material rhyolítico que constituye esta parte del Pizarro, se encuentra á la entrada de la barranca por el lado N.W. En general, entre las tobas de los aglomerados, la pómez, la obsidiana y la rhyolita litoide maciza, hay todas las transiciones posibles, enseñando, como es natural, que no son más que estados físicos diversos de un solo magma. Lo curioso es la posición relativa de los materiales, pues que ocupan el más bajo nivel los productos acumulados durante una lluvia de cenizas y pedruscos, después de lo cual, rocas fundidas ó pastosas escurrieron y se consolidaron sobre las tobas y aglomerados.

En los deslaves que han engendrado las lluvias en la base del cono superior, se pueden ver partes de aglome-

rados semejantes y manchones de obsidiana, ya como capa que allí asoma, ya como simples pegaduras, y como si correspondiesen á la capa del borde del círculo exterior; asimismo las rhyolitas de este borde se parecen á las rhyolitas litoides de la cima del cono superior, y si son productos de la misma erupción ó de distintos paroxismos, no puede decidirse fácilmente; pero de todas maneras, la idea que sugiere la regularidad con que se manifiesta la estructura del cono inferior, es la de un cráter de grandes dimensiones, cuya forma no ha podido desvanecer completamente la erosión, aunque haya reducido mucho su altura. El cono superior es indudablemente el tapón que obstruyó para siempre esta chimenea de erupción, y que se ha de haber levantado sobre el cráter en la forma de un doma ó de un obelisco, si es, como parece seguro, que el cráter de cuyo medio surgió no alcanzó nunca la altura actual de la cima del Pizarro. Nada de extraño tendría, tampoco, que hubiese sido una pirámide poco elevada sobre los bordes de un cráter como la pirámide del Ajusco, ó un tapón en forma de doma, como el del cráter del Xinantecatl. El Pizarro es, pues, el esqueleto de un antiguo volcán rhyolítico, que tiene por base, debajo de materiales volcánicos, las rocas cretáceas cuyos pliegues asoman en la base occidental en una pequeña arista llamada el cerro de San José.

Al escurrir la lava del vastísimo malpaís del Vigía, el Pizarro ha servido de obstáculo. Desde la cima del cerro se ve el manto negro llegar hasta la base tendida del Norte, y desviarse hacia el N.E. y Oriente como una ancha faja desgarrada que inunda parte de los Llanos de Perote.

Rhyolita

Tobas y pomez.

Obsidiana.

Taludes de derrumbe.

*
* *

Hemos indicado ya que por las condiciones de yacimiento y por los caracteres microscópicos, las rocas del Pizarro se relacionan entre sí de tal modo, que es preciso considerarlas como simples estados físicos diferentes de una sola materia, de un solo magma, en el que han variado las condiciones de su enfriamiento en el acto de su erupción. Esta idea, adquirida desde un principio en el terreno, quedó plenamente confirmada con el estudio microscópico y con los análisis químicos hechos sobre los materiales que muestran las más grandes diferencias de estructura.

Estos análisis dan una proporción muy fuerte de sílice, más de lo que se podía esperar, deduciendo la composición de la observación microscópica, pues que si bien muchas preparaciones, especialmente de las rocas con mayor número de elementos cristalinos, se presentan con el aspecto frecuente de las rhyolitas, hay algunas de estas mismas que tienen la apariencia de dacitas. Pero lo que más llama la atención es la relativa pobreza

de los álcalis y de la cal, y la relación poco común en las rhyolitas, entre las cantidades de sosa y de potasa. Estas diferencias en la composición normal, se verifican en las llamadas con toda propiedad *rhyolitas sódicas* (Natron Liparit),¹ ó en las rocas de la isla de Pantelleria (Panteleritas), descritas primeramente por Foerstner.²

Además de la característica química que introduce en las rocas descritas por Foerstner la fuerte cantidad de sosa, se especifican muy bien por la presencia constante de minerales ferromagnésicos que no son de ordinario muy frecuentes en las rhyolitas comunes. Tales minerales son la angita y una hornblenda triclínica (la cossyrita). Nuestras rhyolitas sódicas del Pizarro no contienen, en verdad, este último mineral, pero llevan constantemente una mica biotita muy ferrífera, en pajillas generalmente alargadas, á veces opacas y muy pequeñas, que en sus formas aparentes y por sus tintes de polarización, se podrían tomar á primera vista como de cossyrita. Tienen, además, estas rocas, en su pasta vítrea, la angita en microlitas. Si las rocas del Pizarro pueden considerarse ó no, como una variedad de Panteleritas, en el sentido de la corriente clasificación, no nos creemos bastante autorizados para decidirlo. Sería preciso reconocer que existe como elemento constante la anortoclasa, y creemos haberla visto solamente en muy raros casos, bien que los fenocristales en nuestras rocas

1 Rosenbusch.—*Mikrosk. Physiographie der mass. Gest.*—Stuttgart. 1896, pág. 570.

2 *Nota preliminare sulla geologia dell'Isola de Pantelleria &c.* Boll. del R. Com. Geol. d'Italia. Vol. XII, 1881. Roma. Desgraciadamente no hemos podido consultar los otros trabajos del autor sobre el mismo asunto, especialmente el estudio de los minerales componentes de estas rocas publicados en el *Zeitsch für Krystallographie, &c.*

son muy raros. Además, la proporción de sílice sobrepasa un poco á la que como máximo contienen las panteleritas originales y aun las rocas que entran en el rango de las panteleritas de la clasificación cuantitativa americana.¹

En todo caso, nuestras rhyolitas entran en la categoría de las rhyolitas sódicas, como las que describe Ossan de algunas montañas del Trans-Pecos, Texas,² ó como las de Palache, del Norte de Berkeley, en California.³

Para comparar, ponemos á continuación dos análisis de rocas del Pizarro; una litoide, (I) y la otra obsidiana, (II) el análisis de Foerstner de la pantelerita más rica en sílice de Pantelleria, (III) y el de rhyolita sódica esferolítica de Berkeley (IV) (Palache):

	I. ⁴	II. ⁴	III.	IV.
SiO ₂	75.94	74.37	72.5	75.46
Al ₂ O ₃	15.67	14.86	11.5	13.18
Fe ₂ O ₃	0.23	0.06	7.1	0.91
FeO	1.06	2.94	5.4	
MgO	0.10	0.28	0.9	0.10
CaO.....	0.53	0.85	1.5	0.95
Na ₂ O.....	5.70	6.32	7.7	6.88
K ₂ O.....	0.76	0.77	0.9	1.09
H ₂ O.....	0.32			0.93
	<hr/> 100.31	<hr/> 100.45		

1 C. I. P. W.—*Quantitative Classification of Igneous Rocks*, 1903.
Chemical Analysis of Igneous Rocks published by H. S. Washington, U. S. Geol. Survey, Prof. Paper N° 14, Washington, 1903.

2 *Rep. on the Rocks of Trans-Pecos, Texas*, 4th. An. Rep. Geol. Survey of Texas, 1892.

3 *The Soda-Rhyolite North of Berkeley*, Bull. Dept. of Geology Univ. of Cal. Vol. I, 1893-96.

4 Los análisis de las rocas del Pizarro fueron hechos en el Laboratorio Químico del Instituto Geológico por el Dr. Victor von Vigier, Ayudante de química del mencionado Laboratorio.

Como se ve, los análisis se encuentran bastante comparables entre sí, haciendo abstracción de las pequeñas diferencias en fierro y cal, que dependen de la diversa naturaleza de los minerales coloridos que cada una tiene ó que casi no contienen, como la rhyolita de Berkeley.

De acuerdo con el aspecto microscópico y el grado de desvitrificación de las rocas del Pizarro, se pueden distinguir tres variedades que se ligan entre sí por transiciones numerosas: 1.—Roca compacta, litoide, sin fenocristales, de pasta esencialmente felsítica. 2.—Roca de abundante pasta vítrea, con estructura perlítica desvitrificada en abundantes microlitas feldespáticas y rosetas granofíricas ó micropegmatíticas y microlitas de augita. 3.—Obsidiana negra de fractura concoide, algo desvitrificada y con algunos fenocristales de feldespato y biotita.

Como decimos, hay todas las transiciones entre estas variedades, y tienen de común los mismos minerales, aunque en muy variable proporción, principalmente el cuarzo, los feldespatos, la biotita y la augita, y las segregaciones cristalinas de cuarzo y feldespato.

La mayor parte de los feldespatos de estas rocas, constituyen el producto de una sola generación en el período de la erupción y como el efecto de una desvitrificación. Es por esto que se presentan como microlitas de extremada pequeñez en las rocas litoides asociadas con el cuarzo, ó independientes, pero formando parte de la pasta de la roca y también como cristales microlíticos, que raras veces alcanzan la magnitud de cristales completos. Las microlitas muy pequeñas y los cristales microlíticos, parecen pertenecer á la misma clase de feldespato, y aunque sus características ópticas no son

fáciles de determinar por su pequeñez, la composición química obliga á considerarlos como de albíta. Su forma es de tablitas largas con macle simple, con débil ángulo de extinción ó de rectángulos y cuadrados no macleados, ligeramente agrietados y asumiendo entoncez la apariencia del sanidino. En la mayor parte de los casos, estos rectángulos tienen la extinción paralela á la arista de mayor longitud ó muy poco desviada. En las tablitas gemelas, la línea de unión es siempre sinuosa. La oligoclasa también se encuentra en microlitas y en muy raros fenocristales, así como secciones de micropertita de láminas extremadamente delicadas; y por último, pequeños cristales con muy finas láminas de gemelos, que referimos á la anartoclasa. Son tan escasos como los de micropertita, y vienen de preferencia en las variedades 1 y 2.

El cuarzo entra en abundancia en la pasta felsítica de las rocas litoides, y como granos ó cristales primarios en todas las variedades, aunque no muy abundante.

La mica biotita se encuentra con extraordinaria profusión, especialmente en las variedades vítreas. Este mineral, por su abundancia, da el carácter distintivo de las rhyolitas del Pizarro. Se encuentran en la forma de tablitas de contorno exagonal, pero alargadas según la arista (001), (010). La sección normal á la base da barritas en las que se reconoce el crucero propio de este mineral. Los colores de polarización convienen á los de la mica muy ferrífera: pardo bronceado y verde amarillento en la zona de alargamiento.

Las variedades vítreas de las rocas contienen, como productos de la desvitrificación, finos granos y cristallitos de un mineral de color ligeramente verdoso, que re-

ferimos á la augita. No ha sido posible determinarla con exactitud por la excesiva pequeñez de los granos; pero tienen exactamente la apariencia de los individuos microlíticos y cristalíticos que traen muchas obsidianas y retinitas, y que han sido considerados como de augita.

Lo que contribuye quizá más á dar á algunas de nuestras rocas cierto aspecto porfirítico, es la presencia de las segregaciones muy curiosas, en las que se ve claramente la íntima asociación del cuarzo y feldespato.

Las más abundantes son las playas granofíricas, ya en la forma de rosetas ó de playas de contorno irregular, ya conservando la forma del cristal de feldespato, y en las que el cuarzo aparece dentro de aquél en la forma de pequeñísimos triángulos ó de cuñitas regularmente distribuídas en hileras paralelas ó radiales. Suelen encontrarse cristales dobles de feldespato penetrados en cruz con cuñitas de cuarzo, alumbradas alternativamente las que contiene cada cristal, produciendo exactamente la apariencia de esos cristales descritos por Iddings de las rocas de Obsidian Cliff.¹

Menos frecuentes son playas de feldespato con cuarzo en la forma micropoikilítica; las que abundan, por otra parte, según veremos después, formando parte de la pasta de las rocas litoides, y por último, mencionaremos esferolitas formadas de microlitas de feldespato, dispuestas radialmente (esferocristales). Las esferolitas, propiamente dichas, no se encuentran en las rocas del Pizarro.

Para terminar, daremos una descripción sucinta de

¹ *Obsidian Cliff Yellowstone National Park*. 7th. An. Rep. U. S. Geol. Survey. 1888. Pl. XV. Fig. 3.

las rocas en sus variedades indicadas antes, y ya que conocemos los minerales que las constituyen:

La roca litoide se encuentra invariablemente en el cono superior ó pirámide; es de un color gris claro rojizo, con partimiento en lajas en posición vertical. Es, á veces, muy compacta, de fractura sensiblemente concoide, con bandas de varios tonos de gris y con poquísimos fenocristales de cuarzo y feldespato, visibles á la simple vista. En otros casos, la roca menos litoide tiene una superficie áspera y finamente granuda, con manchas aún más ásperas, blanquecinas, de aspecto espumoso como el que muestran las cavidades de las litofisas, pero no consisten más que de aglomeraciones de partículas de vidrio y de granitos de cuarzo. Microscópicamente, la pasta de la roca es hipocristalina á causa de la avanzada desvitrificación de un vidrio incoloro, que en residuo aparece en los intersticios de un tejido microcristalino de cuarzo y feldespato. Esta materia felsítica contiene también numerosas microlitas rectangulares feldespáticas, que son tan abundantes en algunas muestras, que ocultan la materia felsítica y las rocas toman entonces el aspecto de las dacitas. Pero esta masa felsítica y microlítica no es más que el cemento de un gran número de cuerpecitos toscamente esféricos, que en las preparaciones se muestran como rosetas más alumbradas, de contornos indecisos, de superficie muy finamente granular, y que con fuertes aumentos se resuelven: unas veces en playitas de cuarzo con granitos de feldespato micro-poikilítico, y otras, en playitas granofíricas de cuarzo y feldespato, que en los bordes de las rosetas ó estrellamientos se ven más individualizadas. Son muy semejantes á las grandes playas ya citadas, é iguales á las que

hemos descrito hace tiempo, de rhyolitas de varias otras localidades mexicanas.¹ Por último, algunas rosetas se resuelven en agrupaciones toscamente radiantes de microlitas feldespáticas (esferocristales).

Los escasos fenocristales de esta roca son seccioncitas de albita, raros cristales de oligoclasa y la biotita.

Siendo esta la roca de más avanzada desvitrificación y la que forma la pirámide del Pizarro, nos parecen corroboradas por la investigación microscópica las condiciones de enfriamiento de esta masa; es decir, que viniendo la lava á la superficie en estado pastoso, se mantuvo llenando la boca del conducto sin ningún escurrimiento, con reposo bastante para poderse enfriar con lentitud, cubierta probablemente de una costra rápidamente enfriada y por lo tanto más vítrea, la que ha desaparecido de la cima del cerro por erosión, pero que todavía se encuentra en los bordes del cráter en masas de vidrio perlítico ó de obsidiana.

Una variedad, que pudiéramos llamar intermediaria entre las rocas litoides y las vítreas, viene en lechos intercalados entre las rocas perlíticas y aun entre las fajas de obsidiana. Consiste de bandas de litoidita que marcan una laminación, cuyas bandas, de un color pardo obscuro, están separadas por capitas de estructura cavernosa más claras de color y muy ásperas, dejando cavidades alargadas semejantes á las cavernas litofísicas tubuliformes de las litoiditas del cerro de las Navajas.² Se intercalan, igualmente, lechos de vidrio perlítico, conteniendo pequeños esferoides aplastados, de vidrio

1 Ordóñez.—*Las rhyolitas de México*. Bol. Inst. Geol. Mex. núm. 15. 1901. Págs. 47-49.

2 Ordóñez.—Loc. cit.

negro obsidiánico. Esta roca lleva muchos cristales microlíticos de feldespato, muchas playas granofíricas y numerosas pajitas de biotita.

Las rocas perlíticas de la variedad II, vienen arriba y abajo de los bancos de obsidiana que yacen sobre los bordes del cráter del Pizarro; tienen un color gris, el partimiento perlítico se revela á primera vista porque la superficie muestra finos glóbulos con el lustre de la pez. La obsidiana, que es la roca original, se ve aún en la forma de glóbulos negros, formando el núcleo de conchas perlíticas. No ofrece esta roca otra particularidad al microscopio, excepto la abundancia de microlitas de feldespato, numerosas láminas de biotita y gran cantidad de granos verdes y barritas en el vidrio, que suponemos son de augita.

Los altos acantilados que forman las paredes del cráter del lado Norte, están constituídos de litoidita y de poderosos bancos de pómez de color rosado, con muchas pequeñas láminas de mica. La obsidiana y la roca perlítica aparecen incompletamente transformadas en pómez, en granos y pedazos en la masa de la pómez.

La variedad III, es la obsidiana, de un color negro, de fractura concoide, de lustre graso más que vítreo y de superficie ligeramente rugosa; contiene algunas triquitas capilares, granos verdosos de augita, laminitas muy perfectas de biotita y secciones rectangulares de feldespato, ampliamente diseminadas como microlitas en la masa del vidrio.

SEGUNDA PARTE.

LOS AXALAPAZCOS.

Después de las generalidades sobre los cráteres de explosión que en dos palabras hemos expuesto en la primera parte de este estudio, nos vamos á ocupar de la descripción, un poco detallada, de estas construcciones volcánicas que se encuentran en los llanos del Estado de Puebla.

Se habrá notado que los cráteres de explosión han sido designados por nosotros con el nombre genérico de *Xalapazcos*, palabra india con que los antiguos mexicanos designaron á estos cráteres, especialmente á los de la región de que hablamos, y quisiéramos conservar esta palabra para la designación general de todos nuestros cráteres de explosión, porque encierra en sí, ya una idea de la constitución y forma de estos aparatos.

En efecto, los mexicanos llamaron *Apastli* á las vasijas de barro que acostumbraban fabricar para los usos domésticos; pero en la representación jeroglífica del *Apastli* del Códice Aubin,¹ dicha figura consiste en un trasto de barro colocado abajo del signo de cerro, de donde nació la idea de considerar la palabra *Apastli* por

1 *Peñafiel*. "Nomenclatura Geográfica de México." México, 1897.

la significación del verbo *Apatzca*, también para representar el lugar donde se filtran las aguas ó sinónimo de manantial, y tal podría ser en realidad la mejor interpretación del jeroglífico en el que la vasija de barro se encuentra al pie de la montaña (fig. 1).

Apazco.

Fig. 1

Apazco (variante)

Fig 2

Pero no podían pasar inadvertidos para los indios mexicanos la multitud de cráteres volcánicos diseminados en los vastos dominios de su imperio, y mucho menos los cráteres de explosión, de gran diámetro, contruídos con material pulverulento, y cubierto de agua su fondo. Como muchos de estos cráteres se encuentran en medio de llanuras, junto á ellos erigieron muchos pueblos para estar al alcance del líquido para sus necesidades. No es de extrañar, pues, que los indios llamaran á los cráteres de Puebla, *Xalapazcos*, que en su propia lengua quería decir *vasija de arena*, aludiendo al material con que están contruídas estas enormes cavidades en forma de vasijas. Todavía con más propiedad llamaron *Axalapazcos* á las *vasijas de arena con agua*, ó lo que es lo mismo, á los cráteres-lagos.

En la variante del jeroglífico de *Apaztli*, que damos

en la figura 2, tomada igualmente de la obra del Doctor Peñafiel, vemos que la vasija se encuentra sobre el signo de cerro y no en la falda como en la figura anterior, y parece entonces que tal jeroglífico podría referirse, entre otras acepciones, no ya á manantiales, sino á las cavidades embudiformes ó á los cráteres de nuestros volcanes, puesto que un manantial muy raras veces se encuentra en la cima de un cerro. Sea ó no que la figura número 1 pertenezca á la representación jeroglífica de manantial, puede también significar un *Apasco* ó un *Xalapasco*, puesto que concuerda muy bien con la posición que tienen, como ya dijimos, muchos de los cráteres-lagos.

Así pues, tenemos tres palabras que el Sr. Aguilera ha querido introducir en nuestro vocabulario geológico y que son: *Apasco*, que servirá para indicar toda cavidad embudiforme de cualquier naturaleza que sea; *Xalapasco*, con que llamaremos á los cráteres de explosión, hechos generalmente de tobas, y *Axalapasco* á los cráteres-lagos, también formados por explosión; por lo tanto, *Axalapasco* es equivalente á la palabra *maar*.

A más del nombre general de *Xalapasco* que tienen todos los cráteres de Puebla, y que, como hemos dicho, expresa muy bien la forma y naturaleza de estos cráteres, el nombre que tienen algunos de ellos es á su vez muy expresivo; así, por ejemplo, el *Axalapasco* de Alchichica, quiere decir *lugar de agua salada*; el de Alxoxuca, *lugar de agua verde*; y en efecto, las aguas de aquél son muy saladas y las de éste tienen un tinte verde azulado intenso, muy hermoso.

Algunas veces los habitantes de los llanos de Puebla distinguen los *Xalapascos* por su tamaño ó profundidad.

Así, por ejemplo, los *Xalapazcos* que se encuentran en las inmediaciones de la Hacienda de ese nombre, á 9 kilómetros al N.W. de San Andrés Chalchicomula, se llaman *Xalapazco Grande* y *Xalapazco Chico*, en alusión á su diferente diámetro. Aquellos que se hallan al Sur de Tepeyahualco, que tienen un gran diámetro, pero muy poca profundidad, los llaman *Xalapazquillos*.

Los *Xalapazcos* de los llanos de Puebla están diseminados por grupos, á distancias no muy considerables entre sí, como se muestra en el croquis, Lámn. XXI, y para conveniencia, los describiremos según su agrupamiento natural. Los grupos de cráteres son: el de Techachalco, compuesto de los cuatro axalapazcos: *Alchichica*, *Quechulac*, *Atercaqui* y *La Preciosa*; el de Alxoxuca, compuesto de dos axalapazcos muy próximos: el de *Alxoxuca* y el de *Tecuítlapa*; el tercer grupo lo forman los *Xalapazcos Grande* y *Chico*, y por último, el cuarto grupo, que es el de los *Xalapazquillos*, al lado del cual describiremos próximamente los importantísimos cráteres de la Sierra Blanca.

Damos á continuación, Lámn. XXII, el perfil comparativo de los diámetros y alturas de todos estos cráteres, así como su profundidad ó la del nivel de sus aguas, referido á un solo plano de comparación.

Siendo petrográfica y químicamente muy semejante el material cinerítico de estos cráteres, haremos una sola vez el estudio de este material, así como hablaremos en conjunto de las aguas que contienen los axalapazcos.

Hay tal semejanza en la posición relativa, naturaleza y forma en todos los cráteres de explosión, que hemos visto descritos en la literatura vulcanológica, que más de una vez hemos quedado sorprendidos de los múltiples

puntos de contacto que entre ellos existen, y tal parece que su formación se realiza en condiciones muy parecidas, en lugares del mundo muy distantes. Lo que más varía es la clase de rocas que las explosiones han perforado.

Para cerciorarse de las semejanzas que existen entre los cráteres de explosión, bastaría seguir y familiarizarse con las descripciones de este tipo de volcanes. Por ejemplo, las maaras del Eiffel, los embriones de volcanes del Schwabischen Alb, algunos de los cráteres de l'Auvergne y el Mont d'Or, los numerosos cráteres-lagos de la Italia central y meridional, tales como los de las faldas del volcán Laziale, cerca de Roma, el lago de Bolsena, el cráter de Vibara, los de Montecchio en el Monte Vulture y los famosos de los campos Flégreos, cerca de Nápoles; las calderas de Palma y Banadana en las Canarias, algunos cráteres de las pequeñas islas del grupo de Hawaii, los restos de antiguos conos de tobas de explosión en la parte central de Escocia, numerosos cráteres de las mesetas de Utah, etc., etc., y por último, en nuestro país los volcanes de Santiago, el de Xico, las Calderas en el Valle de México, el cráter-lago de Tacámbaro, etc.¹

LOS AXALAPAZCOS DE TECHACHALCO.

La posición relativa de los cuatro axalapazcos que forman este grupo, queda indicada en el plano de la Sierra de Techachalco, que publicamos en la primera parte y en el que se verá que dos de estos cráteres se hallan

1 En nuestro estudio de los volcanes de Valle de Santiago, *Mem. Soc. Alzate*, T. XIV, hablamos de un cráter de explosión cerca de Apazco; es en realidad un simple hundimiento.

respectivamente en los extremos Norte y Sur de dicha Sierra y un tercero en el extremo de uno de sus contrafuertes. En cuanto al cuarto no muestra aparentemente ninguna conexión con esta sierra ni con las otras sierras de los llanos, por estar separado de ellas por llanura. Sin embargo, no dista más que unos cuantos kilómetros de la base de la Sierra del Citlaltepétl.

Este grupo de cráteres es uno de los más interesantes de la región á causa de la probable simultaneidad de sus explosiones y de las condiciones particulares de su formación.

Axalapazco de Alchichica.

El axalapazco de Alchichica es uno de los más grandes del grupo. Su forma tiende á la de un círculo; su diámetro tiene cerca de 1,880 metros. Por el lado oriental, sus bordes apenas se levantan sobre la llanura, pero se elevan gradualmente al Norte y Sur, y terminan al Oeste, en una gran cresta de 100 metros de altura sobre las aguas. Las últimas lomas del extremo septentrional de la Sierra de Techachalco, llegan casi hasta los bordes de la laguna, pero las pizarras con diques de rocas verdes que forman aquellas lomas, no aparecen en los bordes por estar cubiertas por las tobas de la explosión. Entre las aguas del lago (que tienen como las de los otros cráteres, un intenso color azul verdoso), y las paredes del cráter, se extienden angostas playas que se prolongan en plano debidamente inclinado debajo del nivel del agua. En los veinte metros de altura que tienen las paredes orientales, las capas de tobas grises, intercaladas de capitas de ceniza suelta, de lapilli y de pómez, se ven casi horizontales ó con muy débil pendiente, tanto

hacia el interior, como hacia el exterior. Unas veces las capas se ven claramente separadas, otras la estratificación es muy imperfecta y producen una pendiente más uniforme, no tan escalonada como en los otros cráteres de este grupo. En el cráter de Alchichica no se encuentran otras capas que las del material de color gris, producido por la explosión á causa de la débil profundidad accesible á la observación, pues que las playas del lago están muy poco abajo de las llanuras inmediatas, lo que hace suponer que la cavidad se formó en su mayor parte en un terreno casi plano. Solamente al Oeste, coincidiendo con la mayor elevación de los bordes, se descubre, hasta un poco más arriba de la mitad de la altura de los taludes interiores, una masa de basalto y brechas de lapilli que existía antes de la formación del cráter, y que la erosión ha descubierto, puesto que las tobas la envuelven, adaptándose á todas sus sinuosidades. El pequeño macizo basáltico se ha descubierto por erosión, Lámina XXIII, en los lugares de fuerte pendiente, y de él partía una pequeña corriente de lava que fué en parte volada por la explosión; los fragmentos de esta roca se encuentran por todas partes, entre los materiales de la explosión.

Se encuentran igualmente empotrados entre las capas rudamente estratificadas de tobas, rocas de la formación de la Sierra de Techachalco, tales como pedazos de pizarras y calizas, y de la roca verde que viene en diques, en las lomas inmediatas al cráter.

En el corte que ha formado la erosión, donde el basalto se descubre, las tobas forman costra sobre los pequeños cantiles de basalto ó de aglomerados de lapilli, y esta costra se engruesa poco á poco, por nueva sucesión de

capas hacia los bordes del cráter, formando escalones que se advierten desde alguna distancia. Si cerca del fondo, sobre las aguas del lago, en el borde oriental, las capas de tobas están en posición casi horizontal, indicando que su depósito se hizo sobre una superficie casi plana, en el lado occidental las capas tienen su doble pendiente muy fuerte, debido al mayor número de capas sobrepuestas, además de haber cubierto una protuberancia del suelo.

En el talud exterior del axalapazco, por el lado occidental, una sola capa lisa, igualmente inclinada que el talud, se extiende en grandes tramos, cortada por numerosos surcos y angostas barrancas, que parten de los bordes, las que sin ramificaciones, mueren en la enorme base de muy débil pendiente, que desaparece insensiblemente en los vastos llanos del Salado.

El dibujo dará una idea (fig. 3) del aspecto general de este gran cráter, y el fotograbado una representación fiel de sus bordes occidentales, mostrando los desgarramientos que las tobas han sufrido por erosión, dejando á descubierto la antigua loma de basalto.

Fig. 3.—Alchichica.

Axalapazco de Atexcaqui.

El axalapazco de Atexcaqui es el más grandioso é instructivo de este grupo. Está situado al pie N. del más septentrional de los cerros de las Derrumbadas, y en el

extremo S.W. de la Sierra de Techachalco. En la vista de una de las Derrumbadas que se ha dado en la primera parte, se puede ver parte del talud exterior del cono truncado que encierra esta vasta cavidad, regularmente surcado por incisiones radiales, profundas y muy próximas, efecto de las aguas atmosféricas sobre el material deleznable de que está formado.

Los bordes de este interesante axalapazco son también de altura muy desigual y sus taludes interiores están muy escarpados, lo que obliga, cuando se quiere llegar al nivel de las aguas, á abordarlo primero por el flanco oriental y seguir después el amplio camino que se ha practicado desarrollando una gran curva y con tramos en zig-zag.

Tan pronto como se asciende el cono por el flanco exterior, que se levanta en un terreno desolado y triste, el espectáculo cambia súbitamente al abarcar de un solo golpe de vista una amplia y profunda cavidad, de forma casi cuadrangular, encerrada entre paredes abruptas, surcadas y menudamente escalonadas horizontalmente. El fondo está cubierto por aguas de un color azul verdoso intenso, que lamen en parte bajos paredones, casi á pico. Solamente al Suroeste una angosta playa permite abordar cómodamente las orillas del gran lago, cuya playa invaden con frecuencia grandes rebaños cabríos. La vegetación es muy pobre y raquítica, excepto en los rincones de la parte baja, hacia el Suroeste, donde hay algunos árboles.

Como se ve en nuestro plano de la Sierra de Techachalco, el cráter se halla situado realmente en el flanco de un pequeño cerro, cuya altura no pasa de 150 metros sobre el terreno vecino; dicho cerro se liga con las lomas

que componen el extremo de la sierra mencionada, y está constituido en su totalidad de los mismos materiales, es decir, de calizas y de pizarras satinadas, verdosas, de edad no conocida, atravesadas por diques.

El contorno de la superficie que ocupan las aguas en el fondo, reproducen la figura cuadrangular de los bordes de este cráter. Su mayor longitud, de Este á Oeste, y de borde á borde, es de 1,200 metros, y sobre la misma dirección, la mayor longitud del lago es de 720 metros. La menor distancia entre los bordes opuestos es de 880 metros y la menor distancia de las riberas opuestas del lago es de 360 metros.

177 En todos los axalapazcos, el nivel de los lagos representa el de las aguas freáticas de toda la llanura, cuyo nivel es, en general, poco profundo con respecto á la superficie actual del terreno, un poco más elevada hoy, por la cubierta de materiales pulverulentos de las explosiones.

No es de extrañar, pues, que habiéndose abierto las chimeneas de explosión en la misma llanura, al pie de eminencias existentes, los niveles de las aguas se encuentren muy concordantes entre sí.

Dicho nivel está, por término medio, á 2,400 metros sobre el nivel del mar.¹

El punto más elevado del axalapazco de Atexcaqui, es un pico situado al N.W., á 170 metros próximamente sobre las aguas; el borde más bajo se halla solamente á 100 metros.

¹ Nuestra altura del nivel de las aguas de estos lagos difiere muy poco de la determinada por Saussure que es de 2406 metros. (*Coup d'œil sur l'Hydrologie du Mexique*. Extrait des Mémoires de la Société de Géographie de Genève. Genève, 1862.)

Excepto en las paredes N. W. y W. del cráter, que corresponden á la parte más elevada de los bordes, se pueden notar en el resto tres partes que se distinguen claramente por la forma de los taludes que producen, por el color, y por la estructura, las cuales consisten de materiales diferentes. La parte más profunda acantilada, bañada en parte por las aguas del lago, es un banco de lava dura, basáltica, con partimiento imperfectamente columnar. Estas paredes se elevan sólo algunos metros arriba de las aguas, y su límite superior es casi horizontal, lo que causa inmediatamente la impresión de que estas rocas forman parte de una corriente de lava que ha sido perforada por la explosión, sin que hayan sufrido las paredes cambio alguno de posición. La segunda parte de las paredes internas del cráter, que apoyan directamente sobre esta lava, consisten de una toba pomosa de color amarillento, deleznable, extendida en gruesas capas, en posición casi horizontal. Son bastante duras algunas, y no forman realmente taludes, sino paredes; tienen en total un espesor superior al del anillo visible de lava que sobresale de las aguas. Es muy importante notar que estas tobas son exactamente iguales á las que se encuentran á poca profundidad en el terreno que rodea el exterior del cono, y cuya superficie, débilmente inclinada, se extiende hasta la base de los cerros inmediatos.

Las tobas pomosas del interior del cráter formaban, pues, parte del terreno de rápida sedimentación, que cubría toda la llanura antes de la explosión que produjo la cavidad, y son el resultado del acarreo del material cinerítico, arrojado por algún volcán *andesítico* de los que se encuentran en las inmediaciones. Estas capas

fueron perforadas por la explosión, de la misma manera que la corriente de basalto que cubren, pues la altura que tiene el límite superior de estas capas, en el cráter, es la misma que la que tienen en la base externa del cono.

Consideremos, por último, la parte superior de los taludes interiores de la cavidad, la más importante por su espesor, porque constituye por sí sola todo lo que se levanta el cráter del nivel medio del terreno en el exterior, y es el material fruto de la explosión, acumulado alrededor del orificio. Este material se encuentra en forma de lechos, sensiblemente estratificados, con espesor que varía entre unos cuantos centímetros, hasta sesenta. Estas capas tienen posición *cuacuaversal*, es decir, la doble pendiente correspondiente á los taludes interior y exterior.

El echado externo de las capas corresponde, en muchas partes, al de la pendiente relativamente fuerte del cono, mientras que en el interior, sólo en la parte superior, cerca de los bordes, la superficie lisa y uniforme, acusa que la pendiente es la de las capas; cerca de su límite inferior, dichas capas están cortadas por erosión, en gradas ó escalones numerosos, como se ven en la lámina XXIV.

Los materiales pulverulentos que constituyen estas capas, varían un poco de consistencia. Una toba de color gris claro ó blanquizco, es la más abundante y forma las capas más gruesas. Entre ellas se intercalan capas de lapilli, de arena basáltica volcánica, de aglomerados finos de pómez y de ceniza enteramente incoherente que suele venir también en nidos. En la masa de todos estos materiales, pero especialmente de las tobas, se encuen-

tran, con gran profusión, pedazos de basalto de todos tamaños, esquinados é informes, muy raras veces redondados, con costras partidas y torcidas como en las bombas volcánicas. Estos grandes pedazos de basalto contribuyen mucho al trabajo de destrucción de las capas, una vez que han comenzado á desagregarse por los agentes atmosféricos. Más diseminados aún, y de menor tamaño, se encuentran pedazos de otras rocas, tales como de pizarras, que después del basalto son los más frecuentes; fragmentos de calizas compactas, á veces metamorfizados en mármol y conteniendo cristalitas de granate, vesuvianita y epidota; fragmentos de diorita, rocas verdes andesíticas y porfiríticas, y raros cantos rodados de andesitas semejantes á los de la Sierra del Citlaltepetl. La procedencia de aquellas rocas no es difícil de explicarse, porque se encuentran *in situ* en las paredes acantiladas del borde N.W. del cráter. Se comprende, desde luego, que los materiales en fragmentos han sido arrancados, durante la explosión, de rocas que existían en el lugar mismo donde se verificó; y que lanzados al mismo tiempo que el polvo, se dispersaban alrededor del orificio, sin ocupar posición determinada en relación con su volumen ó densidades.

En efecto, las pizarras y calizas apizarradas de la formación de la Sierra de Techachalco, asoman al pie del borde más elevado del cráter, y siguen debajo del nivel de las aguas. Dichas rocas, formando una eminencia de altura comparable á la de las lomas muy desgastadas por erosión, de los extremos de dicha sierra, forman varios pliegues muy unidos, que se indican aproximadamente en el esquema (Lám. XXV). Las calizas están, en parte, metamorfizadas y la formación está atravesada

por diques de rocas dioríticas, semejantes á los que ya hemos descrito al hablar de la sierra. Como este pequeño afloramiento de pizarras cae en pared muy abrupta hacia el fondo del cráter, presumimos que la explosión arrancó parte del afloramiento, y otra parte se ha derrumbado posteriormente, lo que ha motivado el corte en paredes verticales de la cubierta de tobas, como se ve en la misma lámina, la que da una idea muy clara de la forma que tuvo el afloramiento de las pizarras antes de la explosión, puesto que no muestra indicios de haberse movido de alguna manera, pero ni siquiera de haberse fracturado.

Pegado al flanco meridional de la loma de pizarras, se encuentra un pequeño macizo de basalto que se prolonga hacia el S.E., E. y N., constituyendo el anillo de lavas de que hemos hablado; es decir, que la masa basáltica, de forma irregular y elevada, se transforma en una cubierta de lava que escurrió sobre una superficie más plana. Como el macizo de basalto está, en partes, cubierto de aglomerados de lapilli, bien puede ser que dicho macizo forme parte de un pequeño cráter, y cuyos restos no podemos ver por estar ocultos debajo de las tobas. En la parte más alta el basalto sólo está cubierto por las tobas de explosión; éstas cubren sin interrupción, y siguen las sinuosidades del terreno, tanto de la lava como de las pizarras. En fin, á una altura menor, comienzan á aparecer las tobas amarillas, con la posición y los caracteres que antes hemos indicado, cubriendo el antiguo terreno de pizarras y basaltos; y por último, el todo se corona por las capas de tobas grises que fueron engendradas por la explosión, las que reproducen todas las si-

nuosidades de la superficie sobre que apoyan aún en los lugares donde ya existía una fuerte pendiente.

Así, pues, la explosión que dió nacimiento al cráter de Atexcaqui, tuvo lugar en el flanco de un pequeño cerro, constituido de pizarras de basalto y de tobas amarillas postpliocenas. No produjo movimientos en estas rocas, abriendo la explosión un conducto en forma de tubo.

La condición de abrirse tubos en flancos de colinas ó montañas existentes de antemano, es muy frecuente y no tiene nada de anormal; el lago Pavin de la Auvernia está en el flanco del cerro basáltico de Chalme; en Nassibe, Madagascar, dice Velain, grupos de cráteres-lagos se encuentran en el flanco ó al pie de conos volcánicos. El cráter-lago de Montecchio se halla en las faldas del Monte Vulture (De Lorenzo). En las faldas del Monte Laziali, en la campiña romana, existen varios cráteres-lagos: Albano, Nemi, etc. (Sabatini). En la preciosa descripción de De Lorenzo, del cráter de Astroni, vemos que en las paredes del cráter existe una masa de roca (*La Caprara*), que existía ya antes de la formación del cráter.

Axalapazco de la Preciosa.

Como se podrá ver en el plano, el axalapazco de la Preciosa es de forma muy irregular, no tiene el contorno circular ó elíptico de muchos de nuestros cráteres de explosión, sino que más bien su forma se aproxima á la de un triángulo, cuyo lado mayor, orientado de N.E. á S.W., mide cerca de 1,800 metros. Una gran extensión de los bordes está muy poco elevada sobre la llanura (fig. 4), y con una pendiente exterior apenas sensible. Solamente por el lado N.W. hay una cresta encorvada

con altura hasta de 50 metros, constituída de capas doblemente inclinadas de tobas grises, con superficie escalonada por la erosión, y con pendientes fuertes que se levantan, en parte, desde las aguas del lago.

Fig. 4.—La Preciosa.

A la verdad, todo el contorno del axalapazco está formado de los materiales cineríticos arrojados en la explosión, y aunque un estribo bajo de la Sierra de Techachalco casi llega hasta los bordes del lago, el material acumulado impide ver las pizarras y calizas ó las rocas intrusivas que componen dicha sierra.

En los bordes elevados del cráter, la inclinación de las cubiertas de tobas es, como decimos, fuerte, pero va disminuyendo paulatinamente hasta adquirir una posición casi horizontal en las partes más bajas del borde, que sólo tienen de 6 á 8 metros de altura sobre el nivel de las aguas. En los bordes altos del axalapazco, las capas doblemente inclinadas de tobas no difieren de una manera apreciable, ni en color, compacidad ó naturaleza, de las de los otros axalapazcos de la región; y contienen, como en todas, fragmentos de pizarras, de calizas, de rocas verdes intrusivas y basaltos; pero en donde las tobas tienen la posición casi horizontal, ó sea en más de la mitad del perímetro del cráter, dichas capas de tobas están penetradas y endurecidas, ó bien simplemente revestidas por carbonato de cal. Su color blanco resalta

mucho del color gris original de las tobas, y del color intensamente azul de las aguas del lago (frecuentemente muy agitadas por los vientos arrasantes que soplan en la llanura). La lámina XXVI muestra los bordes rebajados del axalapazco de la Preciosa, muy diversos de los bordes de los otros cráteres que ya hemos descrito y de los otros de que vamos á hablar, tanto por la insignificante altura de dichos bordes, como por lo muy dentellado y sinuoso del contorno; efecto de la erosión sobre las tobas endurecidas por las calizas de incrustación que han depositado allí las aguas muy saladas del lago.

Buscando el origen de la forma irregular de este axalapazco y de la extraordinaria desigualdad de sus bordes, teniendo en cuenta la circunstancia de que la cavidad se ha formado en una superficie plana, es preciso suponer que no sólo la erosión ha sido la causa de estas irregularidades, sino que también han intervenido fenómenos, durante la explosión, que no son comunes, al menos en intensidad, á los otros cráteres de que tratamos. En efecto, la acumulación de las tobas de la explosión en el borde W. y N.W. de la cavidad, debe haberse originado por una inclinación natural del tubo de erupción hacia esta dirección. Por otra parte, es probable que también los vientos hayan contribuído. Aunque no es posible distinguir más que una sola serie de capas concordantes, compuestas de material cinerítico, quizá la forma irregular y los estrangulamientos que presenta el axalapazco hayan sido determinados por dos ó más explosiones, causadas en puntos muy próximos y casi simultáneas. En uno ú otro caso, hay lugar á sostener la idea de una inclinación del conducto de la explosión,

puesto que hacia el lado de la mayor acumulación de las tobas hay una saliente en el contorno del cráter, que forma un vértice de la figura triangular que rudamente afecta la superficie del lago.

La presencia de la toba caliza á un nivel superior al que tienen actualmente las aguas del lago, permite asegurar que éstas han llegado á cubrir casi hasta los bordes más bajos del axalapazco. Es, pues, indudable, que la erosión ha quitado una gran cantidad de material, diseminado hoy en una grande extensión de la llanura. En el pasado, las aguas deben haber sido mucho más saladas y haber contenido, en disolución, mayor cantidad de carbonato de cal, puesto que esas mismas aguas no pueden hoy producir un depósito calcáreo abundante. Probablemente, además de las aguas que por infiltración se acumulan en el fondo de la cavidad, que es profunda (cerca de 90 m., según informes que nos han sido suministrados), debe haber sido también alimentada por algún manantial de agua termal.

Axalapazco de Quecholac.¹

Se encuentra aislado en la llanura que se extiende entre la Sierra de Techachalco y la gran Sierra del Citlaltetpetl, cuyas faldas sólo distan unos dos kilómetros, y en las que se ve un cono volcánico muy bien formado. A muy poca distancia del borde N. del axalapazco, hay también una corriente de basalto, coronada por un pequeño cono.

Como el de la Preciosa, el cráter de Quecholac es más bien una cavidad hecha en el suelo, casi sin elevación.

¹ Quecholac, según Peñafiel, "Nomenclatura Geográfica de México," significa agua de los "Quechulli" ó pájaros de pluma rica.

Le rodea un anillo de tobas, que se ven en las paredes interiores formando capas no bien estratificadas, poco consistentes y con taludes poco escalonados debido á su fácil desagregación. La forma general del axalapazco es elíptica, con un diámetro mayor de cerca de 1,200 metros, y con un diámetro menor de 800 metros. La mayor altura de las paredes interiores no excede de 50 metros, y la menor es sólo de 25 metros por el lado occidental, en cuyo borde se encuentra el pueblo de Quecholac.

Como en los otros axalapazcos, las tobas grises (únicas que componen aquí las paredes), contienen intercalaciones de capitas de ceniza negra suelta, de lapilli y de pómez. En la masa de las tobas hay pocos fragmentos de calizas y pizarras, lo que es natural, puesto que este cráter no tiene ya conexión con la Sierra de Techachalco; en cambio, abundan fragmentos grandes de basalto y numerosos cantos rodados de andesitas, semejantes á las de la Sierra del Citlaltepétl. Es probable que los fragmentos de basalto hayan sido tomados de la corriente que hemos citado, al N. del axalapazco y que haya roto, en parte, la explosión; los guijaros de andesita han sido tomados de los lechos de aluviones y tobas pomosas andesíticas que se encuentran en el subsuelo de la llanura, como lo hemos visto en los axalapazcos de Alxoxuca.

Los taludes interiores del cráter de Quecholac se prolongan debajo de las aguas; de modo que el cráter tiene la forma de un embudo. No existen, por lo tanto, playas extensas entre el límite del agua y los taludes; pero gruesos y tupidos tulares forman alrededor una auréola verdosa, que produce un contraste fuerte con la completa desnudez de los taludes cubiertos de polvo. (Lámina XXVII.)

LOS AXALAPAZCOS DE ALXOXUCA.

El material de las explosiones, acumulado alrededor de los cuatro axalapazcos que acabamos de describir, no tiene, como hemos visto, ningún lazo de parentesco con las rocas que constituyen el gran macizo á cuyo pie se han abierto; tampoco tienen, con él, una relación tectónica manifiesta. Ambas cosas se ven realizadas, con frecuencia, en los grupos de cráteres de explosión (Eiffel, Alb, Faifa, etc., etc.). Por el contrario, hay grupos de axalapazcos que se han formado en íntima conexión con formaciones volcánicas preexistentes, y este es, probablemente, el caso más común: como los cráteres de explosión de la Auvernia, casi todos los de la Italia Meridional, los del Valle de Santiago, etc., etc., y también los axalapazcos que vamos á estudiar, situados en las inmediaciones del pueblo de Alxoxuca, á 18 kilómetros al N.W. de San Andrés Chalchicomula. Estos cráteres se han abierto en las faldas ó al pie de volcanes con conos pequeños muy bien formados, construídos con *tezontle* y lapilli, y soportados por corrientes de lavas basálticas formando pequeñas mesetas casi aisladas en medio de los llanos ó cuenca de Chalchicomula, cuya situación, con respecto á las otras cuencas que entran formando parte de los llanos del centro de Puebla, hemos indicado ya en otra parte.

Como construcciones aisladas, los axalapazcos no parecen tener otra importancia, en vista de lo efímero de la causa que los produce, que la revelación de una acción volcánica que parte de una débil profundidad del suelo, y la propiedad que tienen los gases y vapores allí elaborados, de practicarse un camino al exterior, con la

forma de un tubo ó chimenea. Pero cuando se relacionan estos aparatos con los grandes macizos volcánicos que no lejos de ellos se encuentran, entonces se reconoce el verdadero papel que desempeñan. No se podrá desconocer que los axalapazcos de que tratamos no son construcciones aisladas, como parecería indicarlo su situación aparentemente accidental, sino que la fuente que los engendra está en relación, más ó menos directa, con el foco donde se han engendrado las grandes erupciones, con cuyos productos se han construído algunos de los gigantes volcanes, mucho más viejos, en verdad, que á no grandes distancias se encuentran.

Hasta donde puede, la acción volcánica, que se manifiesta con gran persistencia, primero en un punto de la superficie terrestre, extender poco á poco sus raíces y multiplicarse, es cosa que en el centro de México sería difícil precisar, á causa de la proximidad de tantos grandes macizos que se modifican con la edad, fabricados con materiales de naturaleza semejante; pero un gran macizo, considerado independientemente, lleva siempre su séquito de pequeños volcanes; individuos degenerados en que se resuelve la manifestación volcánica, cuando en lugar de concentrarse en un solo punto, como al principio, se multiplica con el transcurso del tiempo.

Los axalapazcos de Techachalco no distan mucho, sólo unos cuantos kilómetros de la Sierra del Citlaltepétl, y están relativamente cerca del Cofre de Perote. Los axalapazcos de Alxoxuca y xalapazcos de Chalchicomula, poco se separan de las faldas del Pico de Orizaba, de cuya majestad se disfruta, como complemento grandioso, en el paisaje que encuadra á estos axalapazcos.

Dejemos para un estudio general estas consideracio-

nes, y volvamos á la descripción de los axalapazcos de Alxoxuca, que tienen una construcción un poco diversa de las de los cráteres-lagos anteriormente descritos.

Los axalapazcos que, para simplificar, hemos llamado de Alxoxuca, son dos, orientados casi de N. á S., y distantes uno de otro 3,500 metros; el cráter meridional se llama propiamente de Alxoxuca, nombre del pequeño pueblo situado muy cerca de los bordes septentrionales; el otro se llama Tecuitlapa, por hallarse ubicado entre la hacienda y el pueblo de San Miguel Tecuitlapa. Cada uno de estos cráteres es vecino de un pequeño volcán muy joven: el de Tecuitlapa está al pie del volcán ó cerro del Malpaís, llamado así por la corriente de lava muy reciente arrojada de la cima, por un pequeño cráter; el de Alxoxuca está en el flanco de un grupo de tres conos, casi alineados de E. á W., con cráteres más ó menos bien formados y descansando sobre una base común en forma de meseta, como se representa en el plano (Lám. XXVIII), la cual ha resultado de la superposición de varias corrientes de lava que han aparecido en diversas épocas, puesto que están separadas entre sí por depósitos de tobas pomosas amarillentas, de origen torrencial, semejantes á las que se extienden en casi toda la superficie de los Llanos, y que no pertenecen á los productos de los cráteres de explosión basálticos, sino á erupciones explosivas de volcanes andesíticos, y muy probablemente de las últimas erupciones del Pico de Orizaba. La corriente superior de la meseta, por estar cubierta de tobas, no afecta la forma de malpaís más que en sus bordes donde está la lava desnuda por la erosión. La corriente de lava más joven, salida del cráter más próximo del axalapazco, es de muy pequeña extensión

y se encuentra descubierta, formando un banco de espesor considerable.

Los antiguos indios mexicanos, moradores de esta comarca, han construído sobre esta meseta, un poco alargada al N., las tumbas de sus antecesores, reconocidas por numerosos pequeños montículos, cónicos ó piramidales; llaman la atención, por su tamaño, los que se encuentran en la parte N. de la meseta. Idolos, cuentas y otros artefactos de su industria, han sido hallados, con profusión, aun fuera de los montículos, en la tierra arable que cubre la fértil llanura que rodea los diminutos volcanes, y en la que no sólo se encuentran los ya citados conos, sino otros varios igualmente pequeños, tales como los de Zimatepec, al N.E. de Alxoxuca; los pequeños conos rebajados, al S.W., en el extremo de una cresta baja sedimentaria, parecida á la de Techachalco, y por último los xalapazcos, gemelos ó cráteres secos al Oriente. Todos estos volcanes, como se ve en nuestro plano, caben dentro de una superficie menor de 80 kilómetros cuadrados.

El volcancito del Malpaís no descansa por todas partes sobre una meseta, sino que tiene, desde su base, la forma cónica, de pendiente suave; de la cúspide del cono se levanta el modernísimo cráter por donde brotó el extenso malpaís, bifurcado en dos ramas desiguales, desde donde la lava, al escurrir, encontró un caballete ó cresta alargada, en cuyo extremo se ve un muro acantilado, "La Peña del Gavilán."

El extremo de una de las ramas del malpaís llega hasta la base del borde occidental del axalapazco de Tecuítlapa, y aun fué desviada de su camino la lava, por esta repentina elevación. Así, pues, el gran axalapazco esta-

ba ya formado, y el malpaís escurrió sobre los productos de la explosión de ese cráter, como se puede observar sin gran trabajo.

¿Cómo explicarse que la lava, en lugar de seguir un conducto ya abierto por una explosión, haya brotado por un viejo conducto, cuya boca está á mayor altura que la del tubo de explosión? El centro de estos dos puntos de erupción no dista más de 4 kilómetros. La causa aparente no parece difícil de encontrarse, porque el fondo del axalapazco de Tecuitlapa está ocupado por un domo de lava y por pequeños cráteres de *tezontle*, lapilli y numerosas bombas basálticas; así, pues, el conducto se hallaba obstruído por un tapón resistente de lava.

El cerro del Malpaís está ligado, por el S.W., con una arista poco elevada, desarrollada en forma de semicírculo y de bastante longitud para circunscribir, con el resto de las elevaciones que rodean á Alxoxuca, una hondonada, abierta solamente al N.E. y al S.

Aquella arista tiene la forma de media luna, como la Sierra de Techachalco, y como ella, está construída con pizarras y calizas, cuyos pedazos hemos encontrado aquí también, en las tobas de los axalapazcos. Dicha arista, baja, aguda y desnuda, no es más que un restante de una sierra importante que ha disecado extraordinariamente la erosión; no tiene masas grandes de rocas intrusivas que hayan ofrecido una mayor resistencia á la denudación, como la Sierra de Techachalco, pero sí muestra, como esta última, grandes pliegues descabezados.

La semejanza entre ambas sierras es completa; las rocas son análogas, con parecidos accidentes tectónicos, seguramente contemporáneos. Es muy curiosa, también, la posición idéntica de volcanes pequeños, situados en

sus extremos, indicando que puede haber para ello una razón tectónica, que nosotros no podremos descubrir sino después de un estudio más profundo de la localidad.

Fuera de este esqueleto de sierra sedimentaria, apenas escapado de la destrucción, que revela tan bien su antigüedad; de las corrientes de basalto y sus cráteres, y de los axalapazcos, no hay más que ver, en toda la región, que las capas uniformemente extendidas de tobas pulverulentas, pomosas, amarillas, andesíticas, alternando, cerca de la superficie, con las capas de tobas basálticas, formadas con los productos de los cráteres de explosión. Pequeños cortes, mostrando esta sucesión de capas, se pueden ver á lo largo del camino entre Alxoxuca y la hacienda de Tecuitlapa, de cuyos cortes damos una idea en la lám. XXIX, que hemos fotografiado con la mira de dar una idea de una serie de ondulaciones, á manera de pequeños pliegues, que tienen allí las capas de tobas basálticas, y que se han formado por la caída del material pulverulento en forma de lluvia acuosa, sobre una protuberancia cualquiera del suelo. En el caso de muy pequeñas ondulaciones, el fenómeno tiene una explicación muy simple: Antes de la caída de las cenizas basálticas sobre las tobas amarillentas, aun muy pulverulentas, extendidas uniformemente en la llanura, habían caído grandes bombas de basalto, que eran arrojadas al comenzar la apertura de los tubos de explosión, y que al venir de grande altura producían un ligero hundimiento, enterrándose en parte.

Inmediatamente después comenzaba la lluvia de cenizas, que al depositarse regularmente reproducían la forma del relieve existente del suelo, es decir, la parte saliente de la bomba. Más tarde, los surcos que practican

las aguas se convierten en cajones angostos, de cuyas paredes se desprenden las bombas por falta de apoyo, y entonces vemos las ondulaciones de las capas, tal como lo indica nuestra fotografía. En otros lugares, las piedras están aún en su lugar, revestidas por las capas encorvadas de tobas.

Después de estas sucintas ideas, veamos lo que enseñan los profundos axalapazcos de Alxoxuca.

Axalapazco de Alxoxuca.

Es este uno de los axalapazcos más grandiosos del Estado de Puebla, por lo imponente y por lo abrupto de sus paredes, cortadas en muchas partes enteramente á pico. El contorno de sus bordes, claramente delineados como los de una vasija, tiene una figura ovooidal que se alarga en la dirección del N.E. La laguna que ocupa el fondo es casi de forma circular, que es realmente la forma original del cráter, porque el agrandamiento que tiene del lado N.E. se ha producido por el trabajo de excavación, practicado por las aguas, que en tiempo de lluvias bajan por una barranquilla que nace en el flanco de uno de los conos llamados de Zotoltepec. Con el material acarreado se ha formado la playa que bordea por este lado la laguna. En el resto del fondo del cráter, las aguas bañan hasta el pie de paredes verticales ó de angostos y pendientes taludes.

Por el exterior el cráter se anuncia por una amplia y muy tendida rampa, en donde se ven muy regulares las capas de tobas, echadas débilmente según esta pendiente. Este enorme cráter, incomparablemente más bello que ningún otro axalapazco de México, se ve, de or-

dinario, muy animado y alegre; numerosos rebaños de cabras, ovejas y caballos turban la soledad con cencerros; pastores, lavanderas, bañeros y aguadores, suben y bajan constantemente por angostos senderos, trazados en *zig-zag*.

Los habitantes de Alxoxuca, de Atenco y de algunas rancherías, se surten de las aguas de la laguna. El pueblo de Atenco está situado casi en los bordes occidentales; el de Alxoxuca, en el borde N.; los místicos pobladores de Alxoxuca han construído, casi en la parte más alta del borde del axialapazco, un magnífico templo de altas bóvedas, desde cuya torre se domina el sacabocado tubuliforme de 190 metros de profundidad. Haciendo abstracción del agrandamiento que ha resultado por la prolongación de la barranca que baja del cono de Zotoltepec, el diámetro medio, de borde á borde, es,

Fig. 5.—Alxoxuca.

próximamente, de un kilómetro. La profundidad del lado de Atenco es sólo de 105 metros. Una idea de conjunto de este Axalapazco, la damos en la fig. 5.

En las paredes del axialapazco, donde se inician surcos ó incisiones regularmente espaciadas, se ven, con notable regularidad, una sucesión de bandas que marcan grupos de capas en posición casi horizontal, las que por

su diferente compacidad, unas quedan enteramente cortadas verticalmente y otras fuertemente inclinadas en talud. Entre estas bandas resalta, por su color negro, y sobresale por su dureza, una gruesa capa de lava basáltica, dura y compacta, con tendencia á la estructura columnar, la que se reconoce, desde luego, como procedente de uno de los pequeños volcanes de Zotoltepec, y correspondiendo, probablemente, á una de sus más tempranas, si no la más antigua erupción. También, intercalada en las tobas, pero á un nivel superior, se encuentra otra corriente de lava de la misma procedencia, cuya extensión no fué tan grande para cubrir toda la superficie que perforó la explosión; sólo se marca en las paredes orientales y abarcando un poco más de la mitad de la circunferencia, terminando en ambos lados en forma de cuña.

Hay que distinguir, entre las diferentes capas de tobas, aquellas que se han formado con los productos mismos de la explosión, que son los más superficiales. Se reconocen inmediatamente por su color, por los fragmentos de rocas y bombas que contienen en su masa, por las capitas de lapilli y arenas basálticas intercaladas, y por último, por su doble pendiente, aunque la inclinación hacia el interior no se reconoce mucho por el agrandamiento que ha sufrido el cráter por los derrumbes, con los que se ha llenado parte del fondo.

Las otras capas de tobas, siempre de color amarillo y muy pomosas, yacen arriba y abajo de las corrientes de lava, y son de naturaleza andesítica; contienen muy escasos fragmentos de andesitas, son muy deleznales y parecen ser formadas por rápida sedimentación; otras, son simples acumulaciones de polvo caído en forma de lluvia, ó arrastrado por torrentes.

Ya cerca del nivel de las aguas, las tobas se mezclan con aluviones, ó éstos con arenas y tobas, y se intercalan como lentes ó como capas regulares.

Uno de estos lechos, de aluvión y toba muy compacta, se puede seguir en todo el contorno, un poco arriba del agua, indicando que es una capa horizontal.

Las tobas puras, deleznales, tienen, generalmente, grande espesor, 5 á 8 metros, separadas por hilos de pómez ó de arena. Las capas de aluvión y tobas, ó de aluvión y arena, son un poco más delgadas; las tobas grises de la explosión vienen en lechos delgados, desde algunos decímetros hasta un metro.

A las corrientes de lava basáltica, cuyos cortes se ven en las paredes, debieron preceder y seguir pequeñas erupciones de cenizas finas, basálticas, que suelen encontrarse mezcladas con las otras tobas, pero esto no siempre es fácil de reconocer, á no ser por el examen microscópico.

Clasificadas las tobas tal como las hemos distinguido antes, forman tres series, con la sucesión y espesores que se les ha dado en el perfil comparativo (Lám. XXII).

Las tobas, en inmediato contacto con las corrientes de lava, han sufrido, en una angosta zona, una calcinación que las transforma en una masa dura y de intenso color rojo. Lo curioso es que esta zona de calcinación no es constante: en unas partes es muy gruesa y en otros lugares casi no existe.

La más baja corriente de lava aparece como un anillo completo, que tiene un espesor de cerca de 20 metros; la cara inferior de la corriente es muy careada, indicando que escurría sobre una superficie terrosa. La lava es muy compacta y muy desvitrificada, en el medio, y ampollosa

y más vítrea en la base y hacia arriba, á causa de la diferente duración del enfriamiento.

Estas lavas, habiendo escurrido sobre una superficie muy uniforme, tal como lo revela el plano sensiblemente horizontal, visto en corte en las paredes del cráter, dejan comprender que las tobas eran de muy reciente depósito cuando escurrió la lava, de tal modo, que no tuvieron tiempo de ser surcadas y accidentarse en la superficie por erosión; no sucede lo mismo con las capas de aluvión de la parte inferior, cuyos espesores son variables y se limitan por líneas muy sinuosas, como formando verdaderas lentes, ó sea los cortes de lechos antiguos de arroyos. Así, pues, las capas de abajo, de cerca del nivel de las aguas, se han ido formando con alguna lentitud; pero al partir de los lechos de tobas pulverulentas, sin abundancia de aluviones, el terreno, se ha elevado probablemente en la llanura, al menos en la proximidad de los grandes volcanes de la Sierra del Citlaltepétl, con una rapidez verdaderamente asombrosa.

Axalapazco de Tecuitlapa.

Este axalapazco es de mayores dimensiones que el anterior, y de forma que tiende á la de una elipse, con un diámetro máximo de 1,500 metros, próximamente, y una profundidad media, hasta el nivel del agua, de 95 metros. Tiene, exactamente, la misma constitución que el cráter de Alxoxuca, con la simplicidad que introduce, sin embargo, su menor profundidad. Sus bordes son un poco menos desiguales, y aunque éstos tocan casi por el W. la base del cerro del Malpaís, la influencia de su pendiente no se hace sentir en los bordes,

puesto que son más elevados al N. y al S. El trabajo de la erosión ha marcado ya en el cráter de Tecuitlapa hue-
llas más hondas: sus paredes, en gran parte inaccesibles,
se ven con surcos relativamente profundos y muy próxi-
mos, además de entalladuras horizontales numerosas
(Lám. XXX). El cráter se ha ido agrandando por de-
rumbamiento de las paredes, con cuyo material se ha re-
llenado el fondo, acumulándose en la base de los muros,
formando un talud de débil pendiente, el que ha obligado
á las aguas saladas y poco profundas á reunirse hacia un
lado, bordeando á un pequeño macizo ó doma de lava y á
varios diminutos cráteres que se levantan del fondo y que
formaban antes un islote un poco desviado del centro geo-
métrico del embudo. Este grupo de construcciones pe-
queñas, que representan la última fase local de la acción
volcánica después de la explosión, dan el sello caracte-
rístico á este axalapazco, pues es el único cráter, de los
ya descritos, que muestra una eminencia de naturaleza
lálica en su interior. El dibujo adjunto muestra la po-
sición relativa de esta postrera construcción (fig. 6).

Fig. 6.—Tecuitlapa.

Dos partes principales la componen: un cerrito casi
cónico, un doma cuya altura no llega á sobrepasar los
más bajos bordes del axalapazco, y una cadena de tres

pequeños cráteres, tan próximos entre sí, que un mismo borde los divide, en parte. Son más pequeños que el doma, pero de los tres, el más alto es el más inmediato á éste; dos de ellos tienen sus depresiones cratéricas, muy poco profundas, pero casi completamente cerradas, mientras que el más pequeño, el más occidental, está abierto en forma de herradura, y las aguas del lago penetran en él como dentro de una bahía. El cráter más grande medirá, apenas, 50 metros, y el pequeño, 25 metros. Mientras que el flanco septentrional exterior de los pequeños cráteres envía su talud fuerte, directamente al fondo ya seco del axalapazco, del lado S. se prolongan en un débil plano inclinado, ancho, que estrecha mucho el espacio cubierto de agua que separa al doma y sus cráteres de las paredes meridionales del enorme axalapazco.

Los bajos conos que soportan á los pequeños cráteres, están constituidos de un apretado aglomerado, de pedazos de *tezontle* de todos tamaños, de colores rojo y negro; ya distribuidos sin orden, ya dispuestos en capas ligeramente inclinadas alrededor de la cavidad. Aunque algunas veces los fragmentos guardan cierto orden de tamaño, lo común es que, grandes y pequeños pedazos, romos ó angulosos se mezclan irregularmente formando un todo bastante compacto. Entran igualmente en la constitución de los cráteres, un número considerable de bombas volcánicas, pedazos de lava compacta y fragmentos torcidos y estirados. El doma aparece construido, al menos en su superficie, de grandes riñones de lava maciza rodeados de fragmentos de *tezontle* y de una cantidad enorme de bombas volcánicas en piezas desde un volumen de dos metros cúbicos hasta del tamaño de un puño, bastante sueltas algunas para rodar hasta la base del

cono, pero otras soldadas al tezontle ó á los riñones de lava como si las bombas hubieren caído cuando dicha lava estaba aún caliente y semifundida. Es muy probable que el núcleo del doma sea en gran parte de lava maciza y que las reventazones que se ven en algunos lugares ó los riñones, sean proyecciones pedunculares de este núcleo.

Las bombas tienen la forma de bolas con superficie negra, pero más generalmente la de husos con superficie torcida y con sus costras partidas (*bred-crust*); su núcleo es compacto y la periferia ampollosa, aunque el caso inverso se suele también observar. Bombas de esta clase se encuentran regadas á centenares de metros afuera del axalapazco, y en los bordes del Sur hemos visto bombas de más de una tonelada de peso.¹

Los cráteres de tezontle deben de haberse formado uno tras otro, pero muy rápidamente, por explosiones sucesivas que tenían lugar por orificios muy pequeños. A éstos siguió la formación del doma, el cual debe haber surgido por una especie de hinchamiento, como una masa que crece con más ó menos rapidez, pero por cuyos contornos con nubes de vapores, eran lanzadas á los aires numerosas piedras todavía semifundidas, de las cuales muchas caían sobre el mismo doma, adhiriéndose á su masa.

No parece haber duda de que una masa fundida con movimiento ascendente, que apenas llegó á la superficie, obstruyó el tubo ya muy estrecho por donde se verificó la explosión, y que al cabo de un largo reposo acabó por enfriarse obstruyendo de una vez la chimenea.

¹ Mezclas semejantes de bombas de todos tamaños con pedazos de tezontle y lapilli forman los "Volcancitos" del Jorullo, creados un poco después de la salida de la lava de la gran erupción de 1759.

Lo interesante del problema de los cráteres de explosión es que estos cráteres están muy próximos y sin embargo tienen completa independencia, y no ya como aparatos simultáneos sino sucediéndose con intervalos de reposo. Véase también la proximidad entre el axalapazco de Tecuítlapa y la corriente de lava del cerro del Malpaís. Tras de una explosión verificada por un amplio tubo, se produjo poco tiempo después, en un lugar inmediato, una erupción tranquila de lava. Esto se explica fácilmente en el supuesto de que el tubo de explosión se ha llenado con material sólido, como en efecto en el fondo podemos ver la cicatriz. Pero esta condición de una obstrucción con lava sólida no parece ser necesaria para que se formen tubos de explosión muy próximos entre sí é independientes, pues muchos de los tubos sucesivos ó simultáneos están rellenos de tobas como los cráteres destruidos que estudia Branco en la región del Alb.

Si la corriente de lava del Malpaís hubiese escurrido por una mayor pendiente y en mayor cantidad, habría llegado á precipitarse en cascada dentro del axalapazco y aparecer éste como el cráter de explosión de la cañada Morelos del que ya ha dicho Böse algunas palabras.¹

LOS XALAPAZCOS.

Réstanos, para acabar con esta descripción de cráteres, decir algunas palabras de los *Xalapazcos* (Grande y Chico), situados al Oriente de Alxoxuca, á una distancia de 6 kilómetros y que se encuentran solos en medio de la llanura, sin más eminencia próxima que la baja meseta basáltica de Zotoltepe y los volcancitos de Zimatepec

¹ Mem. Soc. Alzate, t. 14, 1900.

al Norte, á algo más de 3 kilómetros. Desde alguna distancia no se puede presumir la existencia de estos cráteres, porque el más grande, llamado el *Xalapazco Grande*, apenas tiene bordes que sobrepasan el nivel general del terreno del lado occidental y el *Xalapazco Chico* se abre como en el medio de una loma tendida que la erosión no ha acabado todavía de arrasar. El *Xalapazco Chico* domina, por lo tanto, en altura al *Xalapazco Grande* en unos cuantos metros, cuya débil pendiente han aprovechado las aguas abriendo pequeños surcos por donde el poco líquido va á precipitarse al interior del cráter grande, practicando en sus paredes orientales dos pequeñas abras muy estrechas.

Los bordes de estos interesantes cilindros huecos, pues tal es el nombre que más les conviene por su forma, pueden servir como el mejor observatorio para disfrutar

Fig. 7.—Xalapazco Grande.

de uno de los más grandiosos panoramas de volcanes que en México se pueden contemplar, porque sólo unos cuantos kilómetros de llanura separan á estos cráteres de los flancos del Pico de Orizaba, cuyo cono, siempre cubierto de nieve, se tiene enfrente (fig. 7 y lám. XXXI), y se ve

tan cerca, que se pueden apreciar muy bien los taludes de escombros alhajo de las nieves, interrumpidos por crestas desgarradas de lavas ó por corrientes en parte destruidas; la fuerte pendiente de sus barrancas y el límite muy claro de la zona de vegetación, todavía muy tupida en las laderas. ¿Cómo no se ha de pensar que aquel grande edificio, obra de siglos de erupción tras erupción, y estos pequeños hoyos cavados por una explosión única, no tienen una fuente común? No importa que la naturaleza de los productos que han arrojado sea algo diversa; sólo cuestión de temperatura y capacidad del foco pueden haber diferenciado. Todavía arrojaba cenizas andesíticas el Pico de Orizaba cuando explosiones formaron los *Xalapazcos*, dando una lluvia de polvo basáltico; luego si tienen una fuente común, ésta debe ser bastante profunda; pero envía largas ramificaciones que, ó se independen en el transcurso del tiempo, ó se portan en sus extremos como cosas diversas, por circunstancias locales.

Los dos xalapazcos difieren poco en su diámetro, cerca de 700 metros uno y 600 metros el otro. En cuanto á su profundidad, el mayor tiene 70 metros y el menor 150 metros. Su fondo está seco, porque ninguno de los dos llega ahora á cortar las capas acuíferas de la localidad, como en el cráter de Alxoxuca, ó en el de Tecuitlapa; las aguas que aquí se juntan se infiltran prontamente y van á engrosar el volumen de aquellas capas.

Como se ve, en los perfiles de estos cráteres, el Xalapazco Grande tiene una sola pendiente abrupta, desde los bordes hasta el fondo, el cual se extiende en un plano poco inclinado hacia el centro, y que está aprovechado para siembras de maíz, mientras que el *Chico*, con paredes ca-

si verticales, desciende hasta un cierto nivel, al que sigue un talud de escombros, embudiforme, que baja hasta el punto central.

La vista que adjuntamos, lám. XXXI, tomada del borde occidental del *Xalapazco Grande*, donde se levantan los muros de la Hacienda de Xalapazco, da una idea de la forma de las paredes interiores del cráter, surcadas regularmente por pequeñas barrancas, se ve también que el cráter comienza donde termina la llanura que viene desde el pie de la Sierra del Citlaltepétl.

La poca profundidad y el sembrado que cubre el fondo del xalapazco mayor, lo hacen poco atractivo, mientras que el chico, con sus altas paredes, su forma cilíndrica, casi perfecta, el embudo de su fondo y la vegetación de grandes y diseminados árboles, le dan un aspecto más salvaje é imponente.

La proximidad de estos dos cráteres cuyos bordes distan menos de 1. kilómetro, dejará presumir desde luego que tienen igual constitución, tal como la hemos representado en nuestros cortes.

Como en los axalapazcos de Mixoxuca los materiales que forman las paredes de los xalapazcos, se pueden dividir en tres clases. El grupo de capas superiores, que consiste de las tobas grises de la explosión con su doble característica inclinación. Dichas tobas contienen fragmentos de basalto y cantos rodados de andesitas hornbléndicas é hipersténicas que fueron tomadas de los aluviones que en capas con arenas y tobas se encuentran á mayor profundidad. Esta capas apoyan sobre las tobas amarillentas, pomosas, deleznales, que corresponden á los depósitos superiores, uniformemente extendidos en la llanura, y por último, en el fondo vienen las capas de

tobas intercaladas de capas y lentes de aluvión, andesíticos, á las que siguen en profundidad en el Xalapazco Chico, otra vez capas de tobas con poco ó ningún aluvión, indicando así las series alternadas, los períodos paroxismales de los volcanes de la región. Como se ha visto, la estructura de los axalapazcos de Alxoxuca y de los xalapazcos, es muy semejante, salvo la intervención del material basáltico en corrientes y doma que muestran los primeros.

LAS AGUAS DE LOS AXALAPAZCOS.

En las páginas anteriores hemos indicado la forma que tienen las paredes interiores de los axalapazcos, hasta el nivel de las aguas, y ahora importa conocer de qué manera se prolongan estas paredes debajo de este nivel. Se supone, naturalmente, que los taludes sumergidos son la continuación de los taludes superiores hasta donde comienzan las masas de derrumbes que dan al fondo de los cráteres la forma de embudos. Como la importancia de estos derrumbes guarda cierta relación con la altura de los bordes, se comprende que siendo éstos muy desigualmente elevados, el punto más bajo del fondo del embudo no coincide con el centro geométrico de las grandes cavidades.

Los lagos de los axalapazcos, ó lagunas, como siempre se les llama en el país, no son muy profundos. Desgraciadamente no se han recogido cuidadosamente los datos adquiridos en algunos sondeos que se han hecho. Puede decirse, sin embargo, que en ninguna de las lagunas la profundidad excede de cien metros. Se nos refiere que en La Preciosa, la profundidad mayor es de noventa metros; en la de Quecholac, noventa y cinco, y en la de

Alxoxuca, sesenta y dos. En la de Tecuitlapa, la profundidad es insignificante.

En axalapazcos como el de Alehichica y el de La Preciosa, que tienen en partes paredes muy poco elevadas, las playas que se interponen entre estas paredes y la orilla, se prolongan debajo de las aguas como un plano débilmente inclinado, al que sigue bruscamente una fuerte depresión, lo que se aprecia fácilmente, examinando la diferente intensidad del color azul verdoso del líquido.

El nivel medio actual de las lagunas responde invariablemente al de la capa acuífera más superficial de las llanuras, donde se encuentran los cráteres, como puede comprobarse por la profundidad de los pozos comunes, abiertos en las casas de las pequeñas poblaciones allí diseminadas, y cuyas aguas tienen, con poca diferencia, la misma composición que las de los cráteres. Así, pues, la presencia del líquido en su fondo, sólo proviene de que dicho fondo está más bajo que el nivel de las aguas freáticas de la región. En Tecuitlapa las aguas van disminuyendo rápidamente, porque los acarreos de material, hacia el fondo, van elevando el terreno poco á poco, arriba de ese nivel. Como se ve, en nuestros perfiles, los cráteres secos ó xalapazcos, tienen su fondo arriba de las capas acuíferas, es decir, arriba del nivel de las aguas del axalapazco de Alxoxuca.

Entre los cráteres de una misma región, por lo que respecta á las aguas, existen las más estrechas relaciones, pues son verdaderos vasos comunicantes; las pequeñas diferencias en el nivel del líquido, que no pueden apreciarse sino con nivelaciones precisas, sólo depende de la débil inclinación de las capas del terreno.

Las aguas de todos los axalapazcos sufren oscilacio-

nes pequeñas de nivel, de acuerdo con la mayor ó menor abundancia de las lluvias, pero estos cambios no corresponden estrictamente al régimen que determinarían las más inmediatas estaciones. Lo que más llama la atención, es que el nivel medio actual, en todas las lagunas de los cráteres de Puebla, es más bajo que el que han tenido anteriormente. Marcas de estos niveles y concreciones calizas, se encuentran hoy á más de dos metros arriba, en las paredes de roca basáltica del cráter de Atexcaqui, y ya hemos dicho que en La Preciosa, la toba caliza concrecionada sobre las capas de tobas, se halla casi hasta el borde más bajo del cráter, lo que significa una altura de cerca de siete metros. ¿Qué causas han determinado estos cambios? no las sabemos; sería preciso estudiar más detenidamente esta cuestión, que tiene, por otra parte, un interés considerable. El tiempo nos ha faltado para esto, así como para hacer un estudio completo sobre la composición de las aguas, que están muy cargadas de compuestos salinos; por lo tanto, muy impropias para los usos domésticos. Nos reservamos para más tarde hacer mención especial de la composición de las aguas de los axalapazcos, comparando nuestros análisis con los que han sido hechos anteriormente.

LOS PRODUCTOS DE LAS EXPLOSIONES.

Es indudable que las explosiones que han originado las grandes cavidades crateriformes, extremos de tubos ó chimeneas, además de los vapores y gases causa de la explosión, dieron salida á una gran cantidad de agua, que esparcida en la forma de abundante lluvia, circularía poco tiempo después en verdaderos torrentes. El lí-

quido mezclado con los productos cineríticos, ha determinado la sedimentación de estos productos en capas regular y doblemente inclinadas alrededor de los orificios, y cubriendo el terreno inmediato, adaptándose á su relieve. La separación en capas de ese material, procede: ó de un cambio en la naturaleza física de los productos dentro del corto tiempo de la erupción que sigue á la perforación del terreno en la superficie, ó á variaciones en la intensidad de la erupción, verdaderos instantes paroxismales, ó por último, á diversa cantidad del líquido mezclado á los productos sólidos que caen. Así observamos capas alternantes de ceniza fina, de ceniza gruesa, de arena volcánica, de lapilli ó de pómez; otras veces encontramos capas de la misma naturaleza física, en las que los planos de separación se reconocen por una mayor compacidad de las cenizas. En estas superficies suele conservarse la impresión de piedras, ó de arenas que sobre ellas caían, y aun frágiles cuerpos esferoidales de ceniza fina, que indican la caída de gotas de agua sobre un polvo fino, suelto y seco. De estos cuerpos esferoidales huecos, hemos tenido ejemplos en las cenizas de la última erupción del volcán de Santa María, en Guatemala, y con frecuencia los encontramos en las capas de tobas que cubren nuestros grandes volcanes.

Ya hemos indicado anteriormente cuáles son las especies de rocas que en fragmentos de diverso volumen se hallan retenidos en la masa de las capas de cenizas ó de tobas que rodean á cada cavidad, y cuyos fragmentos pertenecen siempre á las rocas inmediatamente subyacentes, nunca á rocas desconocidas en la región, ó que se suponga que vienen de gran profundidad; esto, unido á la invariabilidad en la naturaleza de los productos cineríti-

cos, plantea el más obscuro problema de los volcanes de explosión.

Así, pues, en nuestros xalapazcos, encontramos fragmentos de pizarras satinadas y calizas, juntamente con bombas y pedazos de basalto y trozos de rocas verdes andesíticas ó porfídicas, en donde las chimeneas de explosión están próximas á afloramientos de estas rocas; solamente en abundancia pedazos de basalto y cantos rodados de andesitas, en aquellos cráteres en cuyas paredes se ven corrientes perforadas de esa lava y capas de aluviones andesíticos. Menudos fragmentos y partículas de estas rocas hay siempre entre las cenizas traídas por la explosión, lo que á veces oculta su composición original. Entre los materiales pulverulentos con que están construídas las paredes de los cráteres, se distinguen á veces aquellos que fueron arrancados directamente al practicarse la perforación, de aquellos que han salido cuando ya estaba abierta la chimenea, y son los que se han acumulado al último, aumentando perceptiblemente la altura del terreno. En los cortes de nuestros xalapazcos siempre hemos especificado las *tobas de la explosión*, de color invariablemente gris, muy diferentes de las tobas amarillentas, que pertenecen al terreno. Se comprende que cerca de sus contactos es difícil individualizarlas por efecto de la insensible transición. Se entiende que si la chimenea en lugar de abrirse paso al través de capas de tobas, rompe un terreno de rocas duras, su mayor volumen se reduce á fragmentos, y poco á polvo ó partículas pequeñas.

En algunos de los axalapazcos de Techachalco no existen otras tobas que las grises de explosión.

Las capas de tobas de explosión son siempre de naturaleza basáltica; dichas capas más ó menos claramente

definidas, varían en espesor desde unos cuantos centímetros hasta un metro; son poco consistentes y se reducen á polvo ó pedazos pequeños al más ligero golpe; su fragilidad aumenta cuando crece el tamaño de las partículas que las forman. Siempre se pueden separar en estas tobas ó distinguir á la simple vista, granos ó pedacitos esquinados de roca negra basáltica y un polvo muy fino que forma la masa general, y que envuelve á aquellos granos, del que no pueden desembarazarse sino á fuerza de frotamiento, ó por lavado. Este polvo es, á juzgar por su naturaleza, el producto de la trituración extrema de la lava, y las tobas de cualquiera de los axalapazcos antes descritos, sometidas al examen microscópico, consisten de partículas de vidrio compacto, transparente ó colorido en pardo, con inclusiones de microlitas de augita, de feldespatos calcosódicos y de granitos de óxido negro de fierro. Este vidrio es á veces globulítico ó con pequeñas burbujas. Es, pues, como la pasta general de los basaltos. En el polvo hay igualmente esquiras de feldespato, que aun dentro de su pequeñez muestran siempre los macles numerosos de los feldespatos básicos como el labrador, numerosos pedacitos de prismas de augita ferrífera muy verde, por transparencia y policromía y granitos verdosos de olivino, que como los de hornblenda, son más raros. No causa extrañeza que las tobas de explosión provengan de basaltos en xalapazcos donde esta roca preexiste en corrientes en el terreno perforado (aunque ya dijimos que en este caso la explosión las rompe y despedaza más que pulveriza), pero sí sorprende en los cráteres donde no se descubre ni se puede presumir que lo haya habido antes de la explosión á mayor profundidad; luego la explosión puede ser el

resultado de expansión de gases que estaban incorporados á lavas basálticas, fundidas, ó en vías de un enfriamiento brusco, y que serían porciones de residuos de magma de viejos focos volcánicos ya muy distantes, y aun quizá de partes ya independidas de esos grandes focos; es decir, los pedúnculos de lavas de que otras veces hemos hablado.

Las tobas que participan de la composición de las tobas preexistentes y de las tobas de explosión, bien reconocibles en los axialapazcos de Alxoxuca, se distinguen casi inmediatamente al microscopio, porque además de contener en abundancia los elementos característicos del basalto (olivino, augita y pedacitos de esta roca), con no menos abundancia se descubren la hiperstena, la hornblenda, el feldespato oligoclasa y la pómez, que son los componentes de las tobas de origen andesítico y que yacen debajo de las tobas grises, y de las tobas mezcladas en capas horizontales pertenecientes al suelo uniforme de los llanos de Puebla. Por el estudio microscópico de estas tobas, hemos logrado atestiguar que erupciones basálticas alternaron con erupciones andesíticas, pues las corrientes de basalto descubiertas en el axialapazco de Alxoxuca, soportan á capas de tobas andesíticas, es decir, á cenizas de volcanes del tipo del Pico de Orizaba, y tal vez procedentes de este mismo volcán, que no está muy distante y que todavía hace dos siglos mostraba alguna actividad paroxísmica.

A propósito de las tobas amarillentas andesíticas que yacen horizontalmente, y más ó menos intercaladas de aluviones andesíticos descubiertos en Tecuitlapa, Alxoxuca y en los xalapazcos, repetimos que algunas capas se han formado con material de transporte por las aguas,

como lo demuestra la forma redondeada de los granos de minerales y pedazos de roca; pero otras se han formado por caída directa de ceniza. En este caso las partículas angulosas y cortantes son de vidrio pomoso y los minerales se ven tan frescamente rotos, que conservan aún parte de sus formas cristalográficas, alejando enteramente la idea de una fricción. Sin embargo, la forma redondeada ó angulosa de las partículas, no puede considerarse como una prueba absolutamente concluyente del modo de formación de las capas. En el polvo y arena fina, arrojado como lluvia por el volcán de Colima, en sus últimos paroxismos, dominaban las partículas redondeadas.

México. 1905.

■ ISOTENO.

PLANO GEOLOGICO DE LA SIERRA DE TECHACHALCO Y DE LOS AXALAPAZCOS

Escala: $\frac{1}{40,000}$

HDA. DE TECHACHALCO ■ LA CRUZ

EN OMER

HOBNO

CERRO GRAMMA

MAGDALENA

REINDA AMIGOS
RHUCHA

VENTURA

LA AMISTAD

LA PRECIOSA

ALCHICHICA

ATEXCAQUI

CARBONERA

QUECHOLAC

- Pizarras arcillosas salinadas intercaladas de capitas de caliza
- Calizas en gruesos bancos, (Cretáceo Medio)
- Monzonita cuarcífera, Porfiritas y andesitas verdes.
- Basalto.
- Tobas basálticas y acarreo reciente

Vista de una de las Derrumbadas, á la derecha el talud exterior del Axalapazco de Atezcaqui.
En primer término, asoman las calizas del extreme de la sierra de Techachalco.

Vista del borde del malpais de Xaltepanapa, cerca de Tepeyahualco.

- 1.—Doma.
- 2.—Cráter.

S.—Cartel.
I.—Doms.

W e i b e r g

Vista W del cerro Pizarro.

Llanos del Salado.

- 1.—Doma.
- 2.—Cráter.

S.—Crater.
I.—Dome.

Crater del Salado.

Vista Sur del cerro Pizarro.

PERFIL COMPARATIVO DE LOS XALAPAZCOS DEL ESTADO DE PUEBLA

- Tobas basálticas grises producidas por explosión.
- Tobas amarillas polvos de erupciones de volcanes andesíticos.
- Pizarras y calizas (Cretaceo inferior?)
- Tobas amarillas andesíticas con lentes y capas de aluvión andesítico
- Aglomeraciones de lapilli con grandes bombas de basalto.
- Lavas basálticas
- Brecha y aglomerados de tezontle

ESCALAS: VER: 1:10,000.
HOR: 1:20,000.

1783

DECEMBER 1783

1783

1783

1783

1783

1783

1783

1783

Lám. XXIII.

Parergones, T. I, núm. 10. Instituto Geológico de México.

Vista del borde occidental del axalapazco de Alchichica.

Axalapazco de Atexcaqui. Tobas de la explosión con fragmentos de rocas duras.

1. Pizarras (Cretáceo inferior?)
2. Basalto y tapilli.
3. Tobas amarillas.
4. Tobas grises, productos de la explosión.

4. Дорна Курск. Палеоген до 13 эрбозон.
3. Дорна сивильна.
2. Базальт и тальп.
1. Базальт (Сивильско-Палеоген).

Vista de una parte de las paredes del Axalapazco de Atexcaqui.

Axalapazco de la Preciosa.

Borde del axalapazco de Quecholac.

Escala - 1:100 000

Ondulaciones en las tobas de la explosión. Camino de Alxoxuca á Tecuitlapa.

Entalladuras practicadas por erosión en las tobas del axalapazo de Tecuila.

Borde oriental del Xalapazco Grande.—El Pico de Orizaba en el fondo.

UNAM

FECHA DE DEVOLUCION

El lector se obliga a devolver este libro antes del vencimiento de préstamo señalado por el último sello.

15 DIC-95 X/97 8 SET. 2000 23 OCT. 2000 6 FEB. 2007 27 SET 2007			
--	--	--	--

QE535

.2M6

O73

I-10681