
LOS VOLCANES DEL VALLE DE SANTIAGO.

EL BAJÍO.

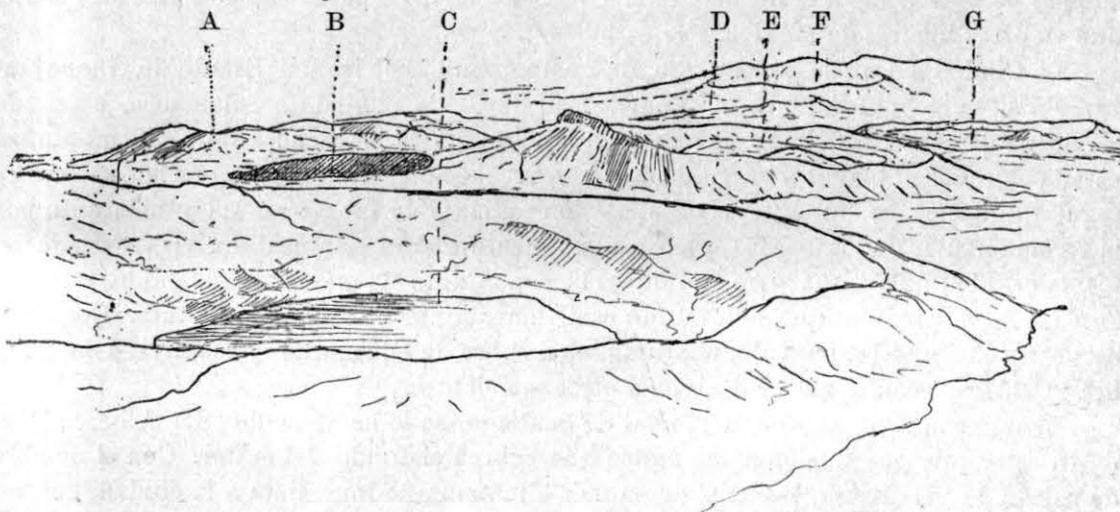
Entre las divisiones topográficas definidas en la Mesa Central de México, por las masas de montañas diseminadas en ella, debe citarse con especialidad, la parte llamada "El Bajío," que se extiende desde los alrededores de la Ciudad de Querétaro, hasta el pie de las montañas de la sierra de Pénjamo, al Oeste, y los cerros inmediatos á la Ciudad de León, al Norte. Esta llanura, alargada al principio en la dirección E.W., después hacia el N.W., de cerca de ciento cincuenta kilómetros, se halla generalmente rodeada por elevadas montañas y sierras que siguen más ó menos igual orientación. Aun el mismo Bajío no es una llanura uniforme, pues muchas montañas aisladas ó grupos de cerros diseminados aquí y allí, alteran su regularidad, dejando entre sí extensas llanuras bien cultivadas, á la vez que cruzadas de excelentes caminos carreteros. El Ferrocarril Central atraviesa de uno á otro extremo esta fértil región.

La importancia de esta parte de la Mesa Central, se debe precisamente á la buena calidad de sus tierras, en las que se cosechan variados productos agrícolas. El Barón de Humboldt, en su "Ensayo Político," menciona una elevada producción, especialmente de cereales, señalando de paso que el gran desarrollo de las formaciones volcánicas han contribuido, por la descomposición de las rocas basálticas y otras, á fomentar la potencia agrícola de aquellas tierras. Muy justa es la observación de este sabio, pues se ve que la mayor parte del Bajío, constituido por formaciones volcánicas modernas, se caracteriza por una profunda erosión, cuyos progresos se adivinan en cada montaña de pendientes suaves y cumbres arredondeadas.

Si fuere posible una restauración, tendríamos en muchos lugares elevados, conos truncados, cúpulas, etc.: tal son de numerosas las huellas de volcanes y las corrientes de lavas. En cuanto á las cadenas montañosas que limitan el Bajío, su naturaleza geológica es muy variada y aun complicada. En ellas se levantan las montañas rápidamente, determinando un acentuado contraste entre sus pendientes ahondadas por barrancas y la vecina llanura del Bajío.

Éste se halla deprimido en medio, señalando esta depresión la corriente del río de Lerma. Después de su nacimiento en los pantanos del Sudeste del Valle de Toluca, y de abrirse paso á través de las regiones desnudas del Ixtlahuaca y Maravatío, penetra al Bajío hasta Salamanca, en donde voltea rápidamente al Sudoeste, y continuando al Sur de Pénjamo, en estrechos valles, desemboca en el lago de Chapala. Juzgando por la inclinación muy uniforme de la llanura en su medio y aun por el curso de los afluentes que de todas partes vienen á juntarse al gran río, se tiene bien pronto la idea de que el Bajío es una especie de cubeta irregular, abierta al Sudoeste, por donde sale el río de Lerma. Los rasgos topográficos de esta región, que creemos muy peculiares, y las condiciones de clima que de ellos resultan, bastan, pues, para caracterizarla y explicar, por lo mismo, el nombre con el cual se designa esta pequeña fracción de la gran Mesa Central.

Un vasto recipiente limita, por decirlo así, el Bajío hacia el Sur. Este es el lago de Cuitzeo, que derrama una parte de sus aguas por el río de Moroleón, en un circuito volcánico llamado lago de Yuriria, de donde salen las aguas por un canal para regar las magníficas tierras del Valle de Santiago. Trabajos de canalización más vastos, cuya ejecución se halla en vía de llevarse á cabo, llevarán igual beneficio á un radio más extenso de la rica comarca del Bajío.



A Cráter de Parangueo.—B Undimientto de Solís.—C Cráter-lago de Zintora.—D Circo de Santa Rosa.—E Cráter de la Blanca.—F Cráter-lago del Rincón.—G Cráter de Estrada.

EL GRUPO VOLCÁNICO DEL VALLE DE SANTIAGO.

No podré llevar mis estudios á toda la extención del Bajío, cuyo carácter esencialmente volcánico es ya conocido. Establecer las relaciones geológicas de las cadenas limítrofes, me impondría una tarea aventurada. Me voy á ocupar solamente en la región de los volcanes, circunscrita al Distrito del Valle de Santiago, que ofrece un interés especial á causa de los numerosos cráteres estrechamente unidos unos con otros, y sostenidos á veces por grandes conos, pero en su mayor número, elevándose apenas sobre el nivel general de la llanura. Las cenizas volcánicas, las tobas, las brechas de escorias volcánicas, y aun las lavas compactas, se extienden en una gran superficie, y la predominancia de alguno de estos materiales, imprime modificaciones sensibles en la estructura de cada uno de ellos, por lo que toca á su forma y origen. De aquí el interés que entraña esta región volcánica, y la que, por otra parte, llama vivamente la atención, por los rasgos peculiares del paisaje, las grandes dimensiones de los cráteres, algunos de ellos llenos de agua hasta la mitad, la sucesión cronológica bien clara de estos aparatos, y el principio de su erosión, á la cual el hombre ha contribuido en mucha parte. Nos encontramos frente á un centro de volcanes extinguidos, que muy bien puede describirse al lado de estas regiones del globo que son clásicas, por la claridad de los fenómenos que en ellas se han verificado y la luz que han arrojado á la ciencia de los volcanes.

En la inmensa área volcánica del Bajío, íntimamente ligada con las regiones no menos volcánicas del Sur de la Mesa Central, en donde se observan todos los grados de la denudación, es curioso examinar este grupo volcánico muy circunscrito del Valle de Santiago, en un rincón del Bajío, que parece haberse constituido en una fecha reciente y tan apreciado por la claridad de las formas. Son de tal manera frescas, que se piensa desde luego en su contemporaneidad. Por la clase de fenómenos que han dado nacimiento á los cráteres mencionados, parece que en cierto modo constituyen un grupo separado, aunque perteneciendo á la última etapa volcánica, cuyas manifestaciones se hacen sentir aún en otros lugares de México.

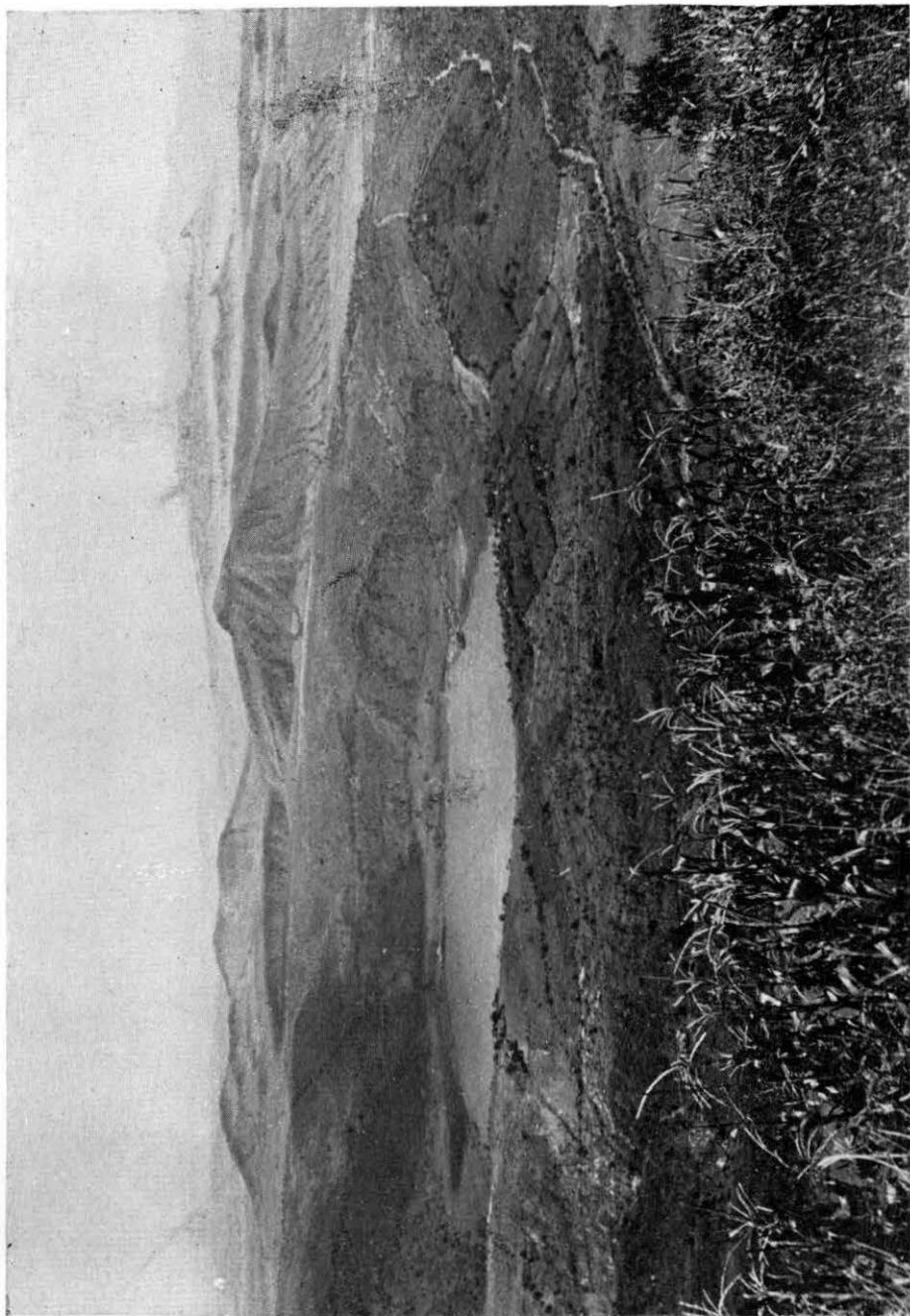
La Ciudad del Valle de Santiago, da nombre á un Distrito del Estado de Guanajuato; está situado en el Bajío, á 23 kilómetros al Sur de la ciudad de Salamanca, cerca de un grupo de montañas que se adelanta en la llanura. En los flancos de estas montañas están colocados el mayor número de cráteres, reconocibles desde luego por la forma muy regular de los conos truncados, la disposición radiante de las barrancas y más aún, por la forma circular de los bordes que, desigualmente elevados, muestran, vistos desde lejos, la cavidad que ocupa el medio de cada cono, tanto el más alto, sostenido por una extensa boca, como los que se levantan casi inmediatamente sobre la llanura. Debido á esta apariencia, se les ha dado, sin duda, el nombre de Ollas, que substituye á la palabra "Caldera," con la que se designa á otros semejantes.

El cráter más próximo á la ciudad de Santiago, se le ha llamado "La Alberca," es decir, estanque, por alusión á las aguas que cubren el fondo del cráter. Con el nombre de volcán de "La Batea," se designa la más alta montaña inmediata á la ciudad, con un cono muy elegante, regularmente surcado de barrancas y sostenido por una muy ancha

T. III, 2^o S.

LA NATURALEZA.

Lám. XXIII.



Cráteres del Valle de Santiago.

base. El elevado cono terminal, con su cráter en medio, semeja perfectamente el utensilio de aquel nombre, muy usado en México.

En un folleto presentado por el Señor Don Pedro González, en las sesiones del XI Congreso de Americanistas, que celebró sus reuniones en la Ciudad de México hace unos cinco años, se encuentran noticias sucintas acerca de los referidos cráteres. El autor expresa que la tradición señala el emplazamiento del Valle de Santiago, en el lugar prehistóricamente conocido por las "Siete Luminarias," aludiendo á los siete volcanes que existen en los alrededores de la Ciudad.

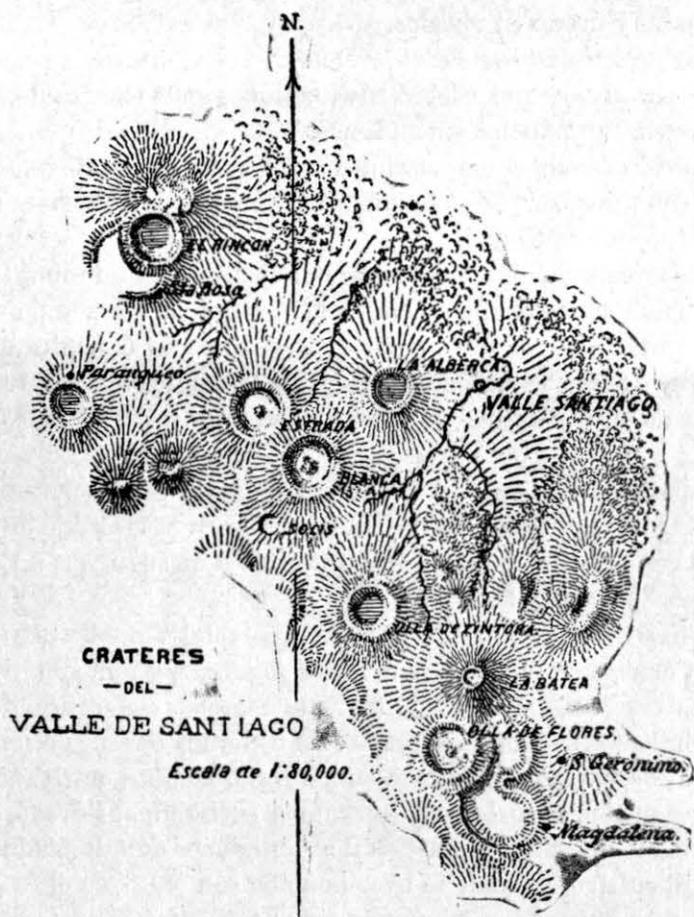
Habla también de ciertos indicios, como por ejemplo, de un dibujo imperfectamente tallado en la roca de una gruta, que sería, para el autor, la imagen de una erupción volcánica, la cual habrían presenciado los aborígenes tarascos ó mexicanos. Este grabado, así como el nombre de las "Siete Luminarias," de la tradición, son pruebas bastante decisivas de la formación, ó al menos de la actividad muy reciente de los cráteres á que se alude.

Diremos de paso, que en la localidad hay nombres muy característicos. Por ejemplo, al mayor cráter-lago se le llama Yuririapúndaro, que en el lenguaje de los tarascos quiere decir "Lago de Sangre," porque se dice que recibía en sus aguas á los cadáveres de los indios matados por los españoles.

Todo el que haya viajado por la región volcánica del Valle de Santiago, le habrá llamado la atención el aspecto del país. Las líneas regulares y aun simétricas de los bordes y taludes de los cráteres, están perfectamente marcadas á causa de la falta de los bosques. Las pendientes se han uniformado, así como los terrenos circunvecinos, merced al trabajo del hombre, que ha convertido en hermosos campos cultivados la vasta capa de arena y toba. Después de la cosecha, y durante el Invierno, el terreno, de un color pardo rojizo, adquiere la monotonía y la tristeza de las regiones aún desoladas por los fenómenos volcánicos. El cultivo del maíz se hace también con éxito, en el fondo de los cráteres secos, y más ó menos nivelados por un principio de erosión.

Por aproximados que estén los cráteres unos de otros, tienen generalmente grandes dimensiones, sobre todo si se les compara con la altura de sus rebordes. En vista de esta circunstancia, así como de la homogeneidad de su estructura, creo que la mayor parte de ellos pertenecen á la categoría de los cráteres llamados de explosión. La cavidad más pequeña se encuentra en la cima de la montaña más alta, "La Batea," que es la sola que muestra todos los fenómenos sucesivos de un volcán, á saber: emisión de lavas en corrientes superpuestas, que extendidas en la boca forman lo que se llama "mal país;" después erupción de productos triturados, arrojados por los gases y vapores que se escapan por la chimenea, alrededor de la cual se forma un reborde de brechas, escorias y cenizas, dejando una cavidad á manera de embudo. En una palabra, este volcán ha sido el centro principal de actividad. De un lado y otro de este lugar, se alinean los grandes circos, cuyo nacimiento fué debido á golpes violentos ó sean verdaderas explosiones.

En la lámina adjunta se representa la vista en conjunto de algunos cráteres, tales como se les mira desde la cima del cráter de la Batea. Por esta perspectiva se puede apreciar la proximidad relativa de dichos cráteres y aun su tendencia en colocarse según una dirección, lo que se ve aún mejor en el croquis. Además de este paisaje verdaderamente espléndido que se extiende á los pies mismos de la Batea, una simple ojeada más allá del grupo, muestra un número incontable de volcanes diseminados por el Bajío. Por todos lados cierran el horizonte y no pueden referirse á una sola orientación.



OTROS VOLCANES DEL BAJÍO.

Coloquémonos, por un momento, sobre el cráter de la Batea, que se levanta 450 metros sobre la llanura que se extiende al Norte como un gran plano inclinado en esta dirección; se verá más allá de Santiago, cerros aplanados interpuestos entre esta ciudad y Salamanca. Al pasar por el camino que une á estas dos poblaciones, pudimos observar su naturaleza volcánica. Lavas basálticas constituyen esos cerros, coronados de brechas, restos de los cráteres destruidos por erosión. Más lejos, y siempre al Norte, se descubre la cadena de las Cruces, muy cerca de Salamanca, con un cono y cráter bien reconocibles. En seguida de estas montañas, la llanura se extiende hasta la base de la Sierra de Guanajuato, que proyecta en el horizonte el gran pico del Cubilete y las crestas de los Gigantes y los Llanitos. Una muy elevada montaña, el cerro de Culiacán, se perfila en el Oriente con sus pendientes regulares y simétricas. Este cono gigantesco acusa por la forma, su naturaleza volcánica; en la cima quedan aún brechas y cenizas. Al Oeste y Sudoeste los volcanes son más numerosos; citaré únicamente el cerro de las Jicamas, el de la Torre, el cerro con su cráter de Villa Chuato y el cerro de Huanímaro.

Hacia el Sur se encuentran los cerros Grande y del Tule, al pie de los cuales se levanta la Batea y los cráteres que estudiamos especialmente.

Tal parece que en la dirección SE.-NW. se levanta el mayor número de volcanes, y que en igual sentido se alinean los cráteres de Santiago. Una desviación de la actividad volcánica habríase dirigido en esta línea, en donde se ve toda una serie de volcanes y de manantiales termales, después el volcán de San Andrés, á 50 ks. de Santiago, al pie del cual se hallan los géiseres que Saussure fué el primero que describió. Se domina desde el volcán de la Batea, entre este punto y el volcán de San Andrés, que apenas se ve en el horizonte, el volcán de Salvatierra, el Mengueró, el Pejo y los altos conos de los Pastores y Santiago, que rodean el lago de Yuririapúndaro. Otra montaña, "Cerro Blanco," rodeada de pequeños conos adventicios, en parte destruidos, completan el círculo volcánico de este lago.

Un borde circular bajo, desprendido del cerro de Santiago, separa el lago del cráter-lago de Yuriria, el primero del grupo de los cráteres del Valle de Santiago y el más ancho, con cerca de 2,000 metros de diámetro.

Es de notar el paralelismo del cordón volcánico con la dirección de muchas sierras geológicamente distintas, diseminadas al Sur de la Mesa Central.

En regiones volcánicas completamente desnudas, es frecuente encontrar pequeños conos escarpados, formados de lavas duras, que en la mayoría de casos, no son sino restos de antiguos volcanes, ó más bien dicho, chimeneas volcánicas obstruidas por tampones de lava y que se ven, tanto en Europa como en América. M. Dutton señala la abundancia de estos pequeños conos sobre la mesa volcánica del monte Taylor. Hace un estudio bastante detallado de estas curiosas estructuras designadas con el nombre de *necks*, palabra equivalente á *tetillas* que se emplea en México para designar masas lávicas semejantes. Dos de estos *necks* ó *tetillas*, propiamente dichas, se ven erguirse al Oeste del volcán del Rincón, en las llanuras del Bajío, que se prolonga allí en una gran extensión al Norte y al Oeste. Estos montecillos rocallosos, aislados y de poca altura, despiertan la idea de volcanes destruidos. Forman la retaguardia del magnífico cortejo de volcanes, de los cuales he señalado los principales. Si en la inmensa área volcánica del Bajío, se encuentran todos los estados de destrucción por erosión en los numerosos aparatos, es natural suponer que los fenómenos eruptivos se han reproducido de una manera sucesiva, por desalojamiento del punto de actividad. El notable contraste entre los volcanes de erupción y los del tipo de explosión del Valle de Santiago, muestra, á mi entender, que estos últimos son el final de la serie, los representantes de la última y del todo reciente etapa, que cierra aquí los fenómenos eruptivos. Los grandes cráteres de Santiago, sin corrientes de lava, tan poco elevados y formados de un golpe, tanto por explosión como hundimiento, mostrarían hasta cierto punto el debilitamiento de las fuerzas internas en esta región. Los cráteres resultarían, pues, de erupciones abortadas, detenidas en el primer momento de su nacimiento: en cierto modo como erupciones embrionarias, empleando los términos de los vulcanólogos modernos.

ASPECTO GENERAL DE LOS CRÁTERES DEL VALLE DE SANTIAGO.

Como sucede en muchos centros volcánicos con grandes cráteres de explosión, éstos ocupan una posición excéntrica á los más altos y más antiguos volcanes compuestos. Independientemente de la excentricidad de los cráteres-lagos del Rincón y de Yuriria, respecto de los volcanes vecinos, todo el cordón de cráteres se encuentra al pie de los altos

volcanes, Cerro Grande, el Tule, etc. El volcán de la Batea, que es también reciente, está formado igualmente al lado de una montaña, el Cahuajeo, volcán que recuerda el tipo de los *Puys*.

El grupo volcánico del Valle de Santiago está compuesto de trece cráteres diseminados en un espacio de catorce kilómetros de largo, desde el cráter de Yuriria hasta el pie del cerro del Rincón, en el flanco del cual se encuentra el cráter-lago del mismo nombre. Mejor que una descripción de la situación relativa de estos cráteres, el croquis que he formado da una mejor idea de ésta. El vértice del volcán de la Batea, á 2,215 metros arriba del nivel del mar, es el punto dominante, alrededor del cual están colocados el mayor número de cráteres. Desde luego, en el flanco S. E., cerca de los pueblos de San Jerónimo y de la Magdalena, dos cráteres soldados se alinean en la dirección SE.-NW. El último de estos gemelos limita la vasta capa de agua de Yuririapúndaro. De en medio del fondo aplanado de estos cráteres, se levantan súbitamente las pendientes exteriores de uno de los más hermosos cráteres, la "Olla de Flores," que durante su formación debió destruir los bordes S. W. y N. W. de las más antiguas "ollas." Cuando se alcanza el borde del cráter de Flores, se contempla un espectáculo soberbio, debido sobre todo á la regularidad de la forma circular, á la profundidad y pendientes abruptas del interior; muros rocallosos, casi verticales, forman anillos sucesivamente escalonados. Fácilmente puede uno asegurarse que son corrientes de lava superpuestas. La vegetación cubre únicamente las barrancas que llegan hasta el fondo, en donde el suelo plano está erizado de pequeños montículos de brechas, alrededor de los cuales se cultiva el maíz.

Un solo camino fácil permite llegar al fondo, camino cerrado por una puerta, que sólo se abre para dar paso á las cabalgaduras, las gentes de á pie, pudiendo transitar por otro sendero demasiado incómodo. Según Judd, la entrada única que permite el acceso al gran circo cubierto de bosques de Astroni en los campos flegreanos, está resguardado por puertas, como una propiedad de la corona de Italia reservada para la caza real.

Las pendientes del cono de la Batea se interrumpen de repente por los bordes de otro cráter no menos profundo y grandioso, la "Olla de Zintora," de 1,500 metros de diámetro y más de 140 de profundidad, circuido por escarpes de lava y el fondo cubierto por aguas demasiado alcalinas. En las playas que rodean al lago se cultiva la caña de azúcar.

Como se ve en la lámina, á corta distancia, en dirección al N. W. del cráter de Zintora, hay dos cráteres muy aproximados uno de otro, llamados "Olla de la Blanca," y "Olla de Estrada," enormes circos de bordes poco elevados y constituidos esencialmente de *lapilli* y brechas. Un cono de lavas macizas se levanta en el reborde Sur del cráter de la Blanca; una parte del fondo está ocupado por montículos de brechas que se levantan de 10 á 30 metros, agrupadas de tal suerte, que forman un cráter interior destruido por erosión. Desde hace tiempo se extrae de este lugar el *tezontle* para las construcciones de la Ciudad del Valle de Santiago.

En frente del cono sur del cráter de la Blanca, y precisamente al pie, se percibe una cavidad circular desprovista de reborde, poco profunda, pero de paredes verticales formadas de lavas. No hay brechas, y las tobas que en otros cráteres forman las aristas de los bordes, no existen en abundancia, y las que viniendo de los cráteres vecinos, siendo naturalmente capas inclinadas al interior. Esta cavidad, conocida con el nombre de "Olla de Solís," no es sino un hundimiento; ningún otro fenómeno de naturaleza volcánica se ha producido allí. Se ve en esta subsidencia un ejemplo notable de la manera como debió haberse iniciado la mayor parte de los cráteres del Valle de Santiago. No se observa cambio alguno en la topografía del terreno, en derredor del hundimiento.

Detrás de los dos pequeños cerros que se ven á la izquierda de la vista panorámica y que dejan percibir aún sus cráteres desbrechados, existe un gran circo, "La Olla de Parangueo," cráter-lago de dos kilómetros de diámetro, circuido de lavas y tobas, con bordes elevados al Sur y abatido hasta la llanura del lado Norte. El último término de la serie de los cráteres, es el gran cráter-lago del Rincón que, como la *Caldeira* de Palmas y el lago Pavin, los cráteres-lagos de Nemi, el de Albano y algunos otros, se encuentran fuera del eje de las montañas, y que siendo volcanes más antiguos, se encuentran más atacados por la erosión.

Las rampas exteriores del cráter-lago del Rincón, descansan sobre el fondo de un enorme cráter de tobas, y del cual sólo se conserva una parte de los bordes, el resto habiendo sido substraído durante la formación de aquel, así como por las corrientes de las aguas que, viniendo del Oeste, inundan cada año la parte del antiguo cráter, limitado aún por el borde conservado. El inmenso circo de Santa Rosa, así llamado, tiene cerca de 4 kilómetros de diámetro y que, por el cultivo, forma un magnífico circuito: vasta explanada que ha recibido el material de una denudación considerable. De los trece cráteres que acabo de enumerar, se ha visto que cinco tienen agua en el fondo; el primero de estos lagos se encuentra en el extremo S.E. del grupo volcánico, los otros cuatro forman el vértice de un cuadrilátero.

LA ESTRUCTURA GEOLÓGICA.

Después de estas generalidades, que dan alguna idea del aspecto en conjunto de la región, me queda por hablar de la estructura y condiciones de formación de cada uno de los aparatos. Antes de su aparición, los principales rasgos topográficos eran poco distintos de lo que son en la actualidad; los cráteres no han hecho sino modificar un poco la débil pendiente de las montañas, cerca de su base. El acontecimiento más notable sería la formación súbita del cráter hundido de "La Alberca," que surgió directamente de la llanura, levantando sus rebordes casi á 80 metros arriba de ella.

Desde el punto de vista geológico, los cambios no han sido muy importantes. Sólo consisten en el depósito de nuevas capas de toba en derredor de las cavidades y extendidas más lejos, hasta los bordes de la llanura. La tectónica no se ha modificado sensiblemente.

La estabilidad de los terrenos cercanos á los cráteres de explosión, es un hecho casi universalmente reconocido en los estudios modernos, y que ha echado por tierra los fundamentos de la antigua teoría de los cráteres por levantamiento.

El Bajío es una llanura cuaternaria constituida por gruesas capas de tobas, formadas durante el régimen lacustre de aquel lugar. Estos depósitos alcanzan gran profundidad. La regularidad de las capas, su homogeneidad, así como la uniformidad de su inclinación, que es, además, muy débil, revela la forma tranquila de su depósito, con el material volcánico arrastrado por las aguas, durante una denudación ejercida por largo tiempo. Lechos de lavas y delgadas capas de *lapilli* y cenizas se intercalan, lo que prueba que no solamente los productos de la erosión venían á llenar la cuenca, sino también el material de las erupciones volcánicas, que caía directamente en las aguas.

Poco tiempo después de que éstas se retiraron de Valle de Santiago, se manifestó

una recrudescencia de la acción volcánica, en las montañas vecinas, inundando de lavas una parte de la llanura. Los volcanes del Rincón, el Cahuajeo y los pequeños conos, cerca de la Batea, arrojaron corrientes de lava que alcanzaron la llanura, en donde se las ve ahora con sus contornos sinuosos y dándole al terreno este aspecto rugoso, estéril, de mal país, que contrasta con el suelo blando y fértil sobre el cual han corrido las lavas. Dichas corrientes, superponiéndose unas á otras, llegaron á formar, finalmente, el manto que cubre los flancos de los volcanes y las llanuras vecinas. He aquí, en pocas palabras, el estado del lugar antes de que apareciesen los grandes circos de explosión.

El volcán de la Batea ha debido, tan sólo, continuar sus erupciones después del reposo de los demás, pero sin arrojar más corrientes de lava; los únicos productos eran cenizas, piedras y bombas que, amontonadas alrededor de la chimenea, formaron el cono de brechas, sostenidos por el gran cono de lavas. En la actualidad, el mal país no está descubierto en toda su extensión, únicamente aparece en la llanura, en donde las corrientes de lava tienen poca inclinación, ó en los vértices que forman escarpes. Las pendientes y los bordes de la mayor parte de los cráteres, están cubiertos de un grueso depósito de tobas, dividido en capas delgadas, de un color gris amarillento, é inclinadas en diversos sentidos, en relación con los accidentes del terreno en que se han depositado. Este material ha venido á regularizar, por decirlo así, las pendientes cortadas hoy día por barrancas profundas, socavadas por erosión. Las capas de tobas uniformemente extendidas y sin vegetación, surcadas, además, simétricamente por las labores, hacen resaltar admirablemente el carácter volcánico de esta región.

Se tiene una prueba evidente del origen de estos productos, por la manera como están depositados en los anillos cratéricos. Debieron haber sido proyectados durante las explosiones y los hundimientos, de los cuales han resultado las grandes cavidades circulares.

En algunos lugares, las capas de tobas contienen numerosos bloques de lavas, ya angulosos, ya redondos ó bien torcidos, con el aspecto de bombas. En el camino principal que une la Ciudad del Valle de Santiago y pueblos próximos al lago de Yuririapúndaro, se encuentran estas piedras en gran cantidad. El camino de que hablo, sube en pendiente suave los flancos del cono inferior de "La Batea," hasta la base del cono superior de brechas. Un cono de 250 metros, casi arriba de la Ciudad, separa este volcán de las rocas que coronan el cerro de Cahuajeo.

Las capas de tobas gris amarillento tienen un espesor variable, desde algunos centímetros hasta dos ó tres decímetros, fáciles de dividir en pequeños pedazos angulosos, cuyas superficies de división se hallan cubiertas, en su mayor parte, de un barniz de toba caliza, depositada por las aguas de infiltración. Se ven á menudo delgadas capas de cenizas y *lapilli* intercaladas en ciertas capas, y que inmediatamente se reconocen por un color obscuro ó negro.

Aunque el material constitutivo de las capas esté algunas veces en granos gruesos, se puede distinguir fácilmente sobre las superficies de separación de aquéllas, las huellas que han dejado las aguas cuando la roca no tenía bastante consistencia. Así, las superficies están surcadas de finas aristas onduladas, formando series concéntricas, como la que produce una materia viscosa al correr. Otras veces las marcas se parecen á las curvas hechas en las arenas por las aguas en movimiento. Se me ha dicho que alguien ha recogido ejemplares de toba con impresiones de patas de aves, y que uno de ellos se conserva en las colecciones del Colegio del Estado, en Guanajuato.

Á primera vista es difícil adquirir una idea justa del modo de formación de tales ca-

pas, sedimentadas con tanta regularidad, pero bastante inclinadas para asegurarse desde luego que no han sido formadas bajo las aguas; mas sin embargo, éstas han desempeñado un papel decisivo en su formación. Ciertamente que en algunas regiones volcánicas se ha testificado en nuestros días la formación de tobas durante las erupciones y diluvios de lodo. Pero la regularidad del espesor de cada capa, en una grande extensión, enseña que no es este el caso, sino que más bien se trata de proyecciones de material detrítico, acompañadas de lluvias abundantes ó de vapores. Debió haber habido allí cortas interrupciones en los períodos paroxísmicos de las proyecciones. Tenemos hoy día un ejemplo de esta periodicidad, en algunos volcanes de lava.

Las tobas en capas regulares forman siempre una parte de los grandes cráteres, de las *caldeiras* ó de las *maaras*. Debe haber una relación, como se ha invocado otras veces, entre la forma explosiva de las erupciones y el carácter físico del material proyectado.

Repetiré con Lapparent, que la tensión de los gases alcanza su máximo allí en donde las lavas faltan. Las que se ven en las paredes escarpadas de nuestros cráteres, existían, como lo he dicho, antes de su formación.

Las tobas que cubren la mayor parte de la región de los cráteres del Valle de Santiago, ofrecen muy distinta inclinación, así como diversas orientaciones; de ambas cosas es fácil asegurarse, tanto en los escarpes de las paredes de los cráteres, como en los numerosos tajos socavados por las aguas en las pendientes del terreno. De un modo general, las pendientes coinciden con la inclinación de las capas. Siguiendo los senderos, á menudo se atraviesa por grandes espacios, en donde se ve la superficie desnuda de una sola capa; se observan pequeñas ondulaciones, la inclinación aumenta poco á poco, á medida que uno se aproxima al talud de los cráteres. Una vez que se alcanza los bordes, los escarpes dejan ver las cabezas de las capas, que algunas veces bucean hacia el interior ó se encorvan.

En el flanco Norte del cono inferior de "La Batea," se ven las capas en algunos lugares ligeramente abovedadas. Este accidente proviene muy probablemente de la forma del terreno que soporta las tobas. En otras regiones volcánicas mexicanas, he observado esta curvatura de las capas de toba, verdaderas bóvedas ahuecadas en el interior, á juzgar por el ruido sonoro que producen cuando se anda en su superficie. No creo que la forma en este caso sea el resultado de un hinchamiento, que difícilmente se explicaría, á causa de la poca resistencia de las tobas. Las capas de toba alcanzan, en los taludes de los cráteres, hasta 35° de inclinación.

Cada cráter ha arrojado las tobas que se han depositado en su contorno, y sin embargo, el material es el mismo en todos los cráteres y en toda la superficie del suelo. Esto demuestra que tiene el mismo origen, y de consiguiente, la aparición de algunos cráteres debió ser contemporánea ó inmediatamente sucesiva.

No obstante que todos los cráteres están cubiertos de una capa continua de toba pomosa, con un espesor muy variable, los otros productos volcánicos, que entran también en la constitución de algunos anillos, nos enseñan que fuera del material en parte arrancado á las paredes de las chimeneas, quedaba en las profundidades un residuo lávico, que se ha abierto paso bajo una forma detrítica. He hablado ya de los lechos de arena que se intercalan en las tobas, y conos de brechas, que ocupan el medio de algunos cráteres. Si la manera según la cual han tomado nacimiento los cráteres, ha sido la misma para todos, la presencia de estos productos, al finalizar, ha debido ocasionar diferencias en el aspecto de cada cráter. Los agrupamientos que paso á establecer están fundados precisamente en estas diversas apariencias.

CRÁTERES DE BRECHAS.

Sobre el emplazamiento de un antiguo volcán que hubo arrojado, sobre todo, lavas, está formado un cono de brechas de escorias, de 200 metros de altura.

Este cono, "La Batea," está constituido como todos los demás, de una serie de capas imperfectas de escorias, en fragmentos de tamaño variable, más ó menos adheridos. En el vértice del cono, se ve aún la cavidad cratérica, poco profunda, aunque circular, de 200 metros de diámetro; lo que no es notable en un cono formado en condiciones semejantes, á los que coronan volcanes en actividad debilitada. Pero en la cercanía de este volcán hay dos grandes cráteres, de 1,800 metros de diámetro, bastante aproximados y tan poco elevados sobre el suelo, que apenas muestran la forma cónica de sus taludes. Aunque cubiertos en parte de tobas, son siempre las brechas las que dominan en su estructura.

No obstante el estar unidos por una base de lava, como todos los cráteres de la región, no existen indicios de haber sido alguna vez centros de erupción. Serían, en cierto modo, volcanes parasíticos, pero formados violentamente por verdaderas explosiones. He hablado ya del cono de lava que corona el borde Sur de uno de ellos, el de "La Blanca," masa que salió fundida por una grieta.

Después de la formación súbita del gran cráter, surgió del fondo otro más pequeño, por explosiones repetidas. El material cerró bien pronto la cavidad; en el día sólo se ve un conjunto de montículos, desgastados por erosión, aislados en el vasto anfiteatro aplánado y aun mejor regularizado por el cultivo. El otro gran cráter, llamado "Olla de Estrada," muestra, como el de la Blanca, pequeños montículos de brechas mucho menos elevados.

Piedras y bombas lanzadas en las explosiones, se encuentran en las tobas extendidas en las pendientes superiores de los cráteres. Estas pendientes se hallan retajadas en ciertos lugares para proteger las sementeras.

CRÁTERES-LAGOS.

Otro hecho capital se verificó en la formación de los cráteres-lagos. Se ha visto en los cráteres de brechas, que las explosiones no han producido otro resultado que el amontonamiento de despojos alrededor de la cavidad, quedando el suelo al mismo nivel que antes de la explosión. El fondo de los cráteres ocupados por el agua es más profundo, de tal suerte, que se pueden ver en sus paredes interiores las rocas componentes del subsuelo. Consisten en lavas macizas, extendidas en corrientes, separadas algunas veces por depósitos de brechas y rocas calcinadas. Las lavas afectan generalmente una horizontalidad perfecta, vistas en el corte. Á menudo, las rocas macizas forman las tres cuartas partes de la altura total del cráter, pero nunca sobrepasan el nivel general del terreno al pie de los taludes exteriores de los conos. Con la seguridad de que estos cráteres no han producido lavas, como se ha demostrado, las cavidades tan profundas se han origi-

nado por un hundimiento súbito, que en nada afecta á las inmediaciones. El fenómeno debió ser precedido y aun continuado con explosiones violentas, que proyectaron, no sólo la gran cantidad de tobas acumuladas particularmente en el contorno del hundimiento, sino también grandes piedras que formaban parte del suelo hundido.

Esta manera tan clara de considerar la formación de los cráteres-lagos de Santiago, concuerda exactamente con la idea emitida por Fouque para explicar la formación de la Bahía de Santorin. Por la descripción de esta parte de la isla, se ve que nuestros cráteres-lagos, aunque de menores dimensiones, recuerdan mucho á los de aquélla, tanto por su constitución como por los acontecimientos que en ellos se han verificado.

En general, si se pasa revista á los estudios, ya numerosos, que se han emprendido en las regiones volcánicas, con cráteres de explosión, se admira uno al ver las mismas formas, las mismas condiciones: tan sólo la intensidad de los fenómenos puede variar.

Es preciso añadir que la forma explosiva de los volcanes, se halla íntimamente ligada á un hundimiento que, como dice Paulett Scrope, puede ser muy visible, cual se observa en el circo de Santorin; ó pasar casi desapercibido, por el escombros formado mediante el trabajo de erosión, ó por las aguas que llenan una parte de estos abismos.

Formados de tal suerte los cráteres-lagos del Valle de Santiago, se puede observar en sus paredes tres partes distintas. Primero, un embudo formado de escombros producidos por el hundimiento: este cono invertido constituye un fondo bastante sólido; el material triturado cubre los intersticios y llega á ser impermeable para retener las aguas de infiltración. Una parte de este cono es la sola visible en los taludes muy débiles que rodean á las aguas, como playas. En el cráter de "La Alberca," socavado en la llanura, esta parte desaparece completamente debajo de las aguas; en la "Olla de Zintora," las playas son extensas y fértiles. Los bordes del embudo están limitados por la segunda parte, los escarpes de las lavas, cuya altura enseña la importancia del hundimiento. Las paredes son enteramente verticales en el cráter de "La Alberca," lo que le da un aspecto soberbio ó imponente. En las Ollas de Zintora, del Rincón y Parangueo, los escarpes están más ó menos escalonadamente separados por los taludes de escombros. En fin, la tercera parte, la que corona los cráteres formados de capas de tobas, generalmente tiene una doble pendiente hacia el interior, áspera y desgarrada por la erosión; hacia el exterior, suave, regular y surcada de barrancas, porque es la única que constituye propiamente los troncos de conos, que sobrepasan el plano inclinado general del terreno.

Es de advertir, que la importancia de cada una de estas partes es la misma en todos los cráteres, aunque las profundidades relativas sean naturalmente diversas.

El espesor y el número de las corrientes es muy variable en cada cráter, aumenta á medida que están más aproximadas de las altas montañas; los cráteres-lagos de Zintora y el del Rincón, muestran numerosas corrientes, separadas entre sí por una capa de brechas, más ó menos gruesa.

El corte de una corriente de lava enseña á menudo algunos indicios de las condiciones de su enfriamiento; por ejemplo, la compacidad del centro y el estado esponjoso de sus dos superficies, con un cambio de color, que de moreno ó negro pasa al rojo intenso; lo cual se ve muy bien en dos corrientes del fondo de "La Alberca," en una pequeña gruta excavada precisamente en el *tezontle*, nombre vulgar de este material. En los otros cráteres-lagos, cerca de Santiago, las bandas de brechas son también numerosas y marcan los taludes que separan los escarpes de las corrientes. Una tendencia á la estructura columnar es común en todas las corrientes, pero no es siempre visible, por los escombros y la vegetación que totalmente la ocultan.

La vista que se acompaña, del lado Norte de "La Alberca," la muestra perfectamente. Las paredes, de 15 metros de altura, formadas por una sola corriente, se hunden en las aguas en aquel punto. Esta corriente se inclina hacia el valle, teniendo en el Sur, cerca de la gruta, un espesor de más de 40 metros. Más adelante daremos la descripción de las lavas de los cráteres, todas del tipo basáltico. Las diferencias observadas en estas rocas, enseñan que hubo en ellas condiciones algo diversas de enfriamiento.

En cuanto á las tobas que cubren las lavas de los cráteres-lagos, se han dicho ya algunas palabras á propósito de la regularidad de su depósito, de su extensión y de la inclinación radiante, al partir del centro de las cavidades. Debajo de las capas de tobas, cuyo color y textura es la misma en toda la superficie, abrazada en trechos por los cráteres, se ve, como en el borde Sur de "La Alberca," por ejemplo, una toba más clara en gruesos bancos intercalados entre las lavas y la toba sedimentaria de la llanura del Bajío, que cubre allí á las lavas. Se demuestra por esto, que algunas masas lávicas han corrido antes de la retirada de las aguas.

Parece que la profundidad de éstas en los cráteres no es muy grande, aunque no se han practicado bastantes sondeos para asegurarlo; pero las playas poco inclinadas alrededor de las aguas, en las Ollas de Zintora, Parangueo y Yuriria, son indicio de su poca profundidad. Se dice que en el cráter de Parangueo, la profundidad no excede de 9 metros en medio del circo, y de 10 en el de Yuriria.

En "La Alberca," la capa de agua debe ser más gruesa, porque el talud de escombros se halla enteramente sumergido. Las aguas tienen allí un color más oscuro que en los otros cráteres-lagos.

La temperatura de las aguas está, en lo general, 2 ó 3 grados abajo de la del aire.

La sola fuente de alimentación de estos recipientes, siendo la infiltración á través de las capas lávicas superiores, la cantidad ó el nivel de las aguas está sujeto á variar en relación con las estaciones. He visto en las rocas de las paredes eflorescencias de sales depositadas por evaporación. Una línea blanca marca el nivel más alto á que han llegado las aguas.

Sin embargo de que los bordes de los cráteres-lagos se elevan á muy distintas alturas, el nivel de las aguas queda sensiblemente el mismo en los lagos de Zintora, Parangueo y Rincón, ó sean casi 1,740 metros arriba del nivel del mar, es decir, 10 metros más bajo que la llanura en los alrededores del Valle de Santiago. Sólo el lago de "La Alberca" tiene un nivel de 10 metros abajo de los otros. Es probable que la infiltración de las aguas, á través del terreno circunvecino, se haga de preferencia por las superficies de las corrientes de lavas, y por lo tanto, la diferencia del nivel observado nos marca la inclinación de tales corrientes hacia la llanura. Ya he dicho que las aguas de los cráteres son alcalinas. Un análisis hecho en el Colegio del Estado de Guanajuato, por el Señor F. Flores, arroja la composición que sigue, en un litro de agua de "La Alberca."

Carbonato de sosa, 0.8294; cloruro de sodio, 0.1137; materias orgánicas, 0.6980; ácido sulfúrico, magnesia y sílice, huellas.

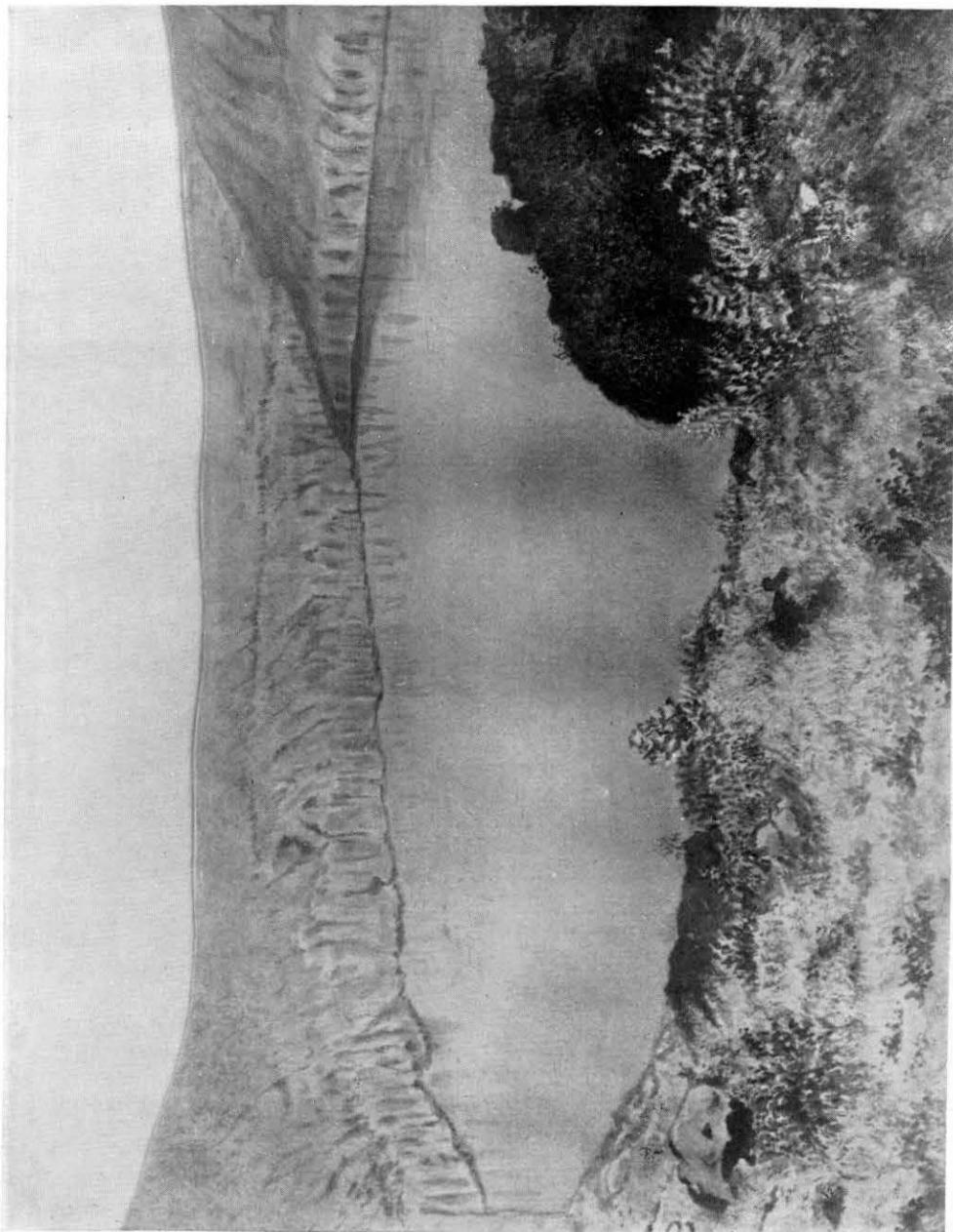
No conozco ningún análisis de las aguas de los otros cráteres, pero creo, sin embargo, que deben tener una composición análoga, aunque las proporciones sean, quizá, más elevadas en las aguas de "La Olla de Zintora."

Al lado de los cráteres-lagos que he reseñado, debe colocarse el gran cráter de "Flores," que tiene exactamente la misma estructura, puesto que también ha debido iniciarse por un hundimiento. Después de este fenómeno, el cráter no ha arrojado solamente tobas, que han formado sus rebordes, sino que ha dado, al fin, lavas calcinadas que se

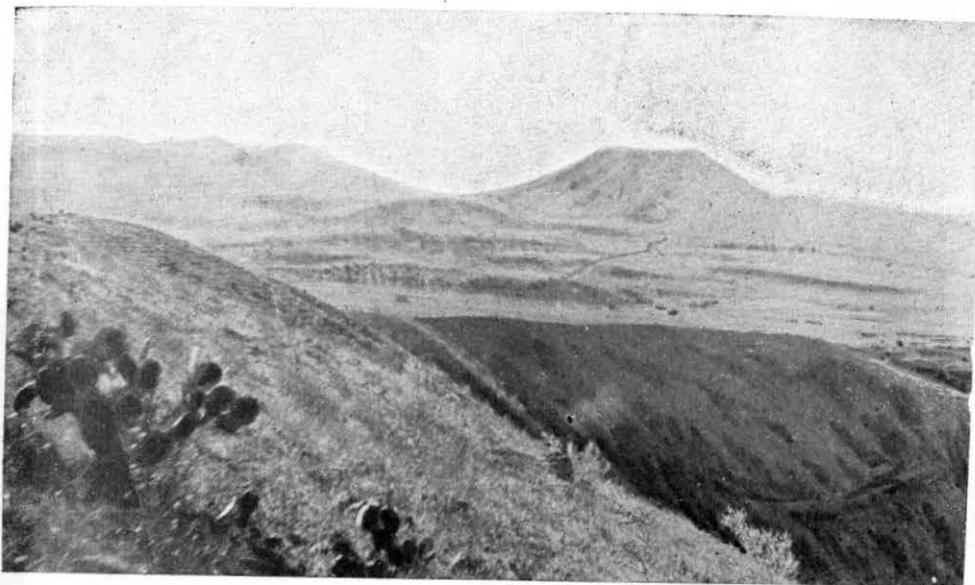
T. III, 2^a S.

LA NATURALEZA.

Lám. XXIV.



Vista Norte del cráter-lago "La Alberca "



Volcán de "La Batea."



Vista Sur del cráter-lago "La Alberca."

han acumulado en el fondo del cráter. Hay allí montículos de brechas, como en los cráteres de "La Blanca" y de "Estrada." La porosidad del material que tapiza el fondo del cráter de "Flores," no permite á las aguas acumularse, sino escurrirse más profundamente.

EL HUNDIMIENTO DE SOLÍS.

En lo que concierne al origen de la mayor parte de los cráteres de Santiago, "La Olla de Solís" es de las más instructivas. Es una cavidad regular, casi circular, de 450 metros de diámetro, de fondo plano, de paredes tajadas á pico, formadas de rocas de estructura semicolumnar, como las de los escarpes de los cráteres-lagos. Un fenómeno puramente mecánico ha producido este hundimiento; no se puede reconocer en él huellas de acción volcánica.

El suelo de los contornos no ha experimentado desalojamientos, y ningún material se ha acumulado en derredor del circo que, por otra parte, tiene 30 metros de profundidad.

La manera, en cierto modo natural, de explicar un hundimiento semejante, sería la de suponer una cavidad subterránea, un espacio no muy profundo, de donde fué tomada una parte de la enorme masa detrítica arrojada por las chimeneas vecinas. La cubierta lávica, las corrientes arrojadas por antiguas bocas, se han hundido bien pronto por falta de apoyo. Éste ha sido también el caso para los cráteres-lagos, pero debajo del circo de Solís, no existían, quizá, vapores ni gases en estado de tensión y ni aun un baño líquido.

La energía volcánica de la región de Valle de Santiago, debió agotarse en la formación de un tan gran número de cráteres. El hundimiento de Solís, sería, pues, el hecho póstumo de una larga serie de cataclismos. Esta es la idea que naturalmente despierta dicho circo, cuyas paredes intactas y rocas inclinadas parece que datan de ayer.

LOS CIRCOS DE MAGDALENA, SAN JERÓNIMO Y SANTA ROSA.

Si hubiéramos tenido la idea de hacer la descripción de los cráteres, según el orden cronológico, habría que poner, en primer lugar, los circos de Magdalena, San Jerónimo y Santa Rosa; grandes anfiteatros formados exclusivamente de tobas, poco elevados, más desgastados, de forma aplanada y llenos de productos de desagregación; y de los cuales han sido arrancados una parte de los rebordes, por efecto de las explosiones que han dado nacimiento á los cráteres más recientes de "Flores" y del "Rincón." He hablado ya de estos semi-cráteres, que figuran en el croquis, y que en mi concepto son los primeros que han aparecido en forma explosiva después de la aparición del cono de brechas de "La Batea," en el flanco del cual se encuentran los cráteres gemelos de "La Magdalena" y "San Jerónimo."

Es de advertir que los nuevos cráteres excéntricos, no han producido desarreglo de

las capas de tobas de los antiguos, porque se ve en los taludes exteriores la misma regularidad observada en los otros circos. Las capas no están siempre inclinadas con regularidad al interior, debido, quizá, á derrumbes. No se puede juzgar hoy día, si en la formación de estos cráteres más antiguos hubo intervenido un hundimiento, como en muchos otros circos, cuyas cavidades se hallan cubiertas de escombros y materiales de erosión. Este trabajo ha sido más activo en el inmenso circo de "Santa Rosa," que apenas se levanta en el Bajío, con una pendiente muy suave y uniforme.

RESUMEN.

Resumiré en pocas palabras lo dicho anteriormente acerca de la historia del grupo de cráteres de Valle de Santiago.

Después de un largo período de actividad volcánica, que se manifestó desde el fin del Plioceno, y sobre todo en el Cuaternario, que dió al Bajío la fisonomía general que hoy presenta, la subsecuente tranquilidad relativa, permitió el establecimiento del régimen lacustre en las cuencas. Algunos volcanes del tipo de erupción, entre otros el de "La Batea," debieron continuar muy debilitadas sus erupciones de productos detríticos y de lavas, que vinieron á intercalarse en las capas sedimentarias de los lagos. Bien pronto después la actividad, aun más debilitada de la región, se manifestó de tiempo en tiempo por explosiones. Grandes cavidades se forman por donde sale el material detrítico que, mezclado á las aguas y vapores condensados, constituyen bordes circulares alrededor de los centros de explosión, cubriendo poco á poco, con un manto de tobas, las capas lávicas de los flancos de los antiguos volcanes. Formados así los circos antes descritos, una nueva y no muy fuerte recrudescencia, dió nacimiento á los cráteres de "La Blanca" y de "Estrada," con proyecciones de residuos de lavas. Explosiones continuadas en lugares cercanos, determinan hundimientos que dejan enormes abismos, que no han tardado en invadir las aguas (cráteres-lagos de Zintora, Parangueo, Rincón, Yuriria, así como la Olla de Flores). Cuando las explosiones hubieron cesado en la región, se verificó un nuevo hundimiento, el de Solís, que no fué acompañado de ningún fenómeno de naturaleza volcánica.

Para terminar, diré unas cuantas palabras sobre cráteres del tipo explosivo, que se encuentran en otros lugares de México. Desde luego haré una mención especial de la región volcánica del centro del Estado de Puebla, en las llanuras comprendidas entre la Sierra de Puebla y las elevadas montañas del borde de la Mesa Central, en los cuales culminan el Pico de Orizaba y el Cofre de Perote. Al lado de montañas formadas de hundimientos cretáceos, se levantan macizos de rocas andesíticas y conos, restos de antiguos volcanes, un conjunto de cráteres-lagos diseminados en un radio más vasto que la área ocupada por las calderas de Valle de Santiago. En la mayor parte de estos cráteres, tan poco elevados sobre la llanura y de grandes diámetros, las brechas de escorias, las lavas, y sobre todo las tobas, entran en su constitución. Se descubre fácilmente en ellos el carácter explosivo de las erupciones, y algunos de estos cráteres recuerdan bastante el tipo de las *maaras*, como por ejemplo, el lago de Atexcaquí, abismo profundo de 125 metros hasta el nivel de las aguas y de 500 metros de diámetro. Aparte de una corriente de lavas en el borde Norte, y de una serie de capas horizontales de tobas grises y amari

lentas, se ve en las paredes N.W. del cráter, gruesos bancos inclinados, de calizas cretáceas grises, con nódulos de piedra lídica. La roca es alguna vez metamorfoseada, transformada en mármol punteado de granos y pequeños cristales de granate verde amarillento.

Las calizas están cubiertas cerca de los bordes por lavas y tobas.

Hace algunos años visité en esta región otros cuatro cráteres llamados "Alchichica," "Quecholac," "La Preciosa" y "Aljojuca," que son bien conocidos, pero poco estudiados los circos.

Si se hace más tarde un estudio de este grupo interesante, desde el punto de vista volcánico, será preciso hablar también de otros cráteres, particularmente de las calderas de la cuenca de México, de un cráter de explosión en los flancos Sud del Nevado de Toluca, del pequeño cráter ó *Apasco*, en el pueblo de este nombre, cerca de Tequixquiac.

Á propósito del nombre *Apasco*, el Señor E. Böse, del Instituto Geológico, acaba de publicar un estudio sobre "La Independencia de los Volcanes de grietas preexistentes," en el cual propone el Señor Aguilera las palabras indígenas: *Apasco*, para designar, entre nosotros, las depresiones circulares, haciendo abstracción de su génesis; *Xalapasco*, á los cráteres y hundimientos cratéricos, constituidos por tobas y cenizas volcánicas; y *Axalapasco*, á los cráteres-lagos. Estos nombres han sido aplicados por los indios á ciertos de nuestros cráteres, sobre todo á los del Estado de Puebla.

México, Abril de 1900.

Ing. Ezequiel Ordóñez,

Socio de Número.

(Artículo tomado de las Memorias de la "Sociedad Alzate," Tomo XIV, página 299, en donde se publicó en francés).

