EXCURSION GEOLOGICA

A LA

PARTE PONIENTE DE LA SIERRA DE SANTA CATARINA

POR PAUL WAITZ

(4 Láms. I-V)

Después de haber visitado la parte oriental y central de la Sierra de Santa Catarina del Valle de México, en la excursión de la *Sociedad Geológica Mexicana en el verano del año pasado*,¹ nos falta reconocer la parte poniente de dicha sierra de volcanes.

No menos interesante es esta parte, sin embargo de que no encontramos en ella otra roca que el basalto, ni otros productos volcánicos más que el tezontle y las cenizas, mientras que la andesita, que en el centro del grupo llamaba nuestra atención, más por la forma de su erupción que por la extensión que tiene, ya no aparece en la parte poniente.

Al cono del Mazatepec (véase la Lám. I), que con su cráter doble y medio destruido pertenece todavía a la parte central y que fué visitado por nosotros el año pasado (véase l. c.), sigue hacia el Poniente, pero bien separado de él, el cono de Tetecón y al Poniente de éste se levanta el cono perfecto del Xaltepec que predomina en altura al Tetecón lo mismo que al cerro de San Nicolás. Este cerro es el último cono de la Sierra de Santa Catarina y está separado del Xaltepec por un llano extenso formado por capas de arena (véanse Láms. II y III).

Principiamos nuestra excursión en la estación de Santa Marta. La iglesia del pueblo está situada sobre una loma que se eleva unos 8 a 10 metros del llano, formada de depósitos lacustres del

¹ P. Waitz: Excursión geológica a la Sierra de Santa Catarina. Bol. de la Soc. Geol. Mexicana. Tomo VII., pág. 1.

lago de Texcoco, que en tiempo no muy remoto se extendió hasta ese lugar reuniendo sus aguas con las de las lagunas que hoy día se extienden todavía entre el Peñón del Marqués y la Sierra de Santa Catarina.

Al pie Norte de esta loma que está coronada por la iglesia de Santa Marta, vemos el afloramiento de un basalto, sin que podamos descifrar el modo de su yacimiento, pues observamos solamente que encima de la roca hay una capa de tierra vegetal en la cual se encuentran algunos huesos humanos y pedazos de carbón de leña. Al Sur el basalto está cubierto por capas de depósitos lacustres. En el tajo que se ha abierto al lado del camino que conduce de la iglesia al pueblo de Santa Marta, están cortadas estas capas lacustres y llama la atención sobre todo una capa gruesa de caliche que se encuentra debajo de la capa de tierra vegetal.

El pueblo de Santa Marta se encuentra al pie Sur de unas lomerías poco elevadas, de color rojizo, con una vegetación raquí-tica. Estas lomas de Santa Marta o de Santa María Hastahuacán, pues el pueblo de este nombre se extiende al pie SW de ellas, están cortadas por el trazo del Ferrocarril de Río Frío por un corte, que en partes alcanza una altura de más de 10 metros.

A ambos lados del corte, que está muy amplio porque en él se abrieron unas minas de tezontle, vemos la pedacería de esta roca porosa de un color negro predominante, entremezclada con polvo y arena de la misma lava reventada. Encima de las masas de tezontle, que no demuestran ninguna estratificación, y ninguna separación especial, observamos unas capas delgadas de cenizas estratificadas. Saliendo del corte subimos a las lomas en dirección hacia el Sur y encontramos en un lugar a unos doscientos pasos de distancia, en medio del tezontle, envuelto y en gran parte cubierto por él, un núcleo de basalto compacto. Dirigiéndonos de este punto hacia el Poniente llegamos a la parte alta de la loma en la cual se distinguen muy bien una multitud de cráteres pequeños en parte bien formados, en parte destruidos unos por otros muy cercanos.

La formación de este lomerío de Santa María, lo mismo que la del Peñón del Marqués que queda al NW de ella, y de un gran número de otras lomas y cráteres de tezontle que se encuentran al pie Norte de la Sierra de Santa Catarina en una extensión desde el pueblo de Santiago hasta el Cerro de San Nicolás, se puede explicar del modo siguiente: las erupciones que en un principio se efectuaron sobre la zona de menor resistencia, que está hoy

día cubierta, pero bien marcada por los diferentes conos y cráteres de la Sierra de Santa Catarina, con el tiempo, ya no encontraron salida fácil por las chimeneas anteriormente utilizadas. Este efecto puede haber sido causado porque las chimeneas se obstruyeron o se pusieron demasiado angostas y estrechas o porque, con el aumento constante de la sedimentación de material arrojado, los tubos se habían hecho tan altos, que la fuerza del magma ya no era suficiente para levantar y arrojar la columna alta de lava, que llenaba la chimenea. Pero la fuerza del magma era suficiente para que buscara nuevas salidas o por lo menos para que se formaran inyecciones del magma en las capas al lado de la chimenea. Donde estas inyecciones tocaran con agua se tenían que efectuar explosiones en el caso, que la formación repentina de vapores fuera bastante fuerte, para reventar las capas superpuestas. Esto debe haberse efectuado con preferencia en la zona donde las faldas de los conos estaban sentadas sobre los depósitos de la cuenca, y en la cuenca misma en el caso, de que una inyección se había alejado tanto de la chimenea original. Este último caso tenía lugar en el Peñón del Marqués, mientras que todas las demás lomas, cerritos y volcancitos de tezontle están pegados al margen de la Sierra de Santa Catarina. Podemos llamar a estas formas volcánicas *Formas o Protuberancias de Expansión Repentina* (Spratzvulkane, kuppen oder hügel), causadas por el contacto de un magma inyectado, con capas húmedas e impregnadas por agua¹

En el momento de estallar la explosión, lo que significa trabajo, ésta absorbe calor que será tomado de la lava reventada, que se tiene que solidificar por lo tanto instantáneamente. Si al efectuarse la expansión, la fuerza de la inyección no se acaba, el magma se inyectará a la masa del tezontle y se enfriará y se consolidará lentamente en el interior, causando solamente una cementación de la pedacería en el interior, cuando la cantidad del magma inyectada es pequeña o, si esta cantidad es mayor, levantando la capa fofa del tezontle y formando en ese levantamiento un núcleo de formas más o menos caprichosas y abruptas. Si el tezontle que cubre este núcleo se quita por la erosión quedan en

¹ Formas semejantes, pero en escala muy reducida y limitadas a partes de una corriente se producen en el contacto de esta corriente de lava ígnea fluida con un subsuelo húmedo o cuando el frente de la corriente entra a un depósito de agua. Compárese E. Haarmann: "Sobre una cueva en una corriente de lava en el Estado de Puebla," Boletín Sociedad Geológica Mexicana. Tomo VII, 2ª parte, pág. 141, y Waitz y Wittich: "Tubos de explosión en el Malpais de San Angel," del mismo Boletín, pág. 169.

medio de los escombros peñascos desnudos, como lo vemos más adelante en las hermosas peñas llamadas Teatines o Teotines.

Fácilmente se explican las diferentes formas que pueden demostrar estas protuberancias de expansión. Varias de éstas de la Sierra de Santa Catarina, tienen la forma de un cono truncado bajo, con un cráter bien definido, aún no muy hondo y con declives exteriores relativamente suaves. Un ejemplo muy característico para esta forma regular es el Catedrá (Catedral?), el cual no visitaremos, pero que veremos desde bastante cerca. Otra forma, la más frecuente de las protuberancias de expansión, es la de una loma de tezontle de contornos irregulares y de alturas diferentes, en cuya cima y flancos se encuentran varias depresiones crateriformes más o menos definidas, destruidas y cambiadas de forma, unas por las otras. El ejemplo característico de este segundo tipo es la loma de Santa María que acabamos de describir. Un tercer tipo está dado por una loma de tezontle sin cráter, tipo que abunda en la comarca y cuya formación se explica por una sola expansión repentina del magma bajo una presión que no permitió un lanzamiento de proyectiles al aire a causa de un escape explosivo de los vapores.

Sobre todo en este último tipo encontramos con alguna frecuencia en su centro basalto macizo, que en parte subió probablemente hasta muy cerca de la superficie de la loma de tezontle, pero sin derramarse, y en parte se solidificó como núcleo en el interior y que ahora por la erosión queda a la vista. El ejemplo más bonito de este tipo son los Teatines o Teotines que, situados al Sur del pueblo de Santa María Hastahuacán¹ son el próximo punto que visitamos.

Saliendo del pueblo mencionado —que en parte está situado sobre una corriente antigua de basalto— tomamos el camino que conduce de Santa María a Tlaltenco al lado Sur de la Sierra de Santa Catarina, atravesándola en el puerto bajo que existe entre

¹ Hastahuacán quiere decir lugar de las garzas, probablemente anidan o anidaron estos pájaros en la laguna de Santa María, que está muy cerca.

Es preciso rectificar aquí el nombre del cerro que en mi trabajo anterior l. c. sobre la Sierra de Santa Catarina, siguiendo indicaciones de otras personas llamé el cerro de Santiago. Es este cerro el peñasco que entre el cono del cerro de Santa Catarina y el cráter doble del Mazatepec se levanta en la falda Norte la Sierra y que, con sus peñas abruptas andesíticas, sobresale de los alrededores, formados por puros conos volcánicos. Según las informaciones que pude conseguir últimamente en el pueblo de Santa María no se llama ese cerro el Cerro de Santiago sino el Cerro Peñudo y esto es la traducción de Tecuantzin, como los indígenas lo llaman todavía. Véase lám. I.

el Mazatepec al E y el Tetecón al Poniente. Este camino sigue primeramente por un arroyo, el cual corta las capas de arena volcánica que, con una inclinación muy suave, forman allá el pie de la Sierra de Santa Catarina y que han sufrido, probablemente por la formación de las protuberancias de expansión en diferentes partes cambios muy notables de su posición, sea por un plegamiento o por fractura y deslizamientos locales.

Seguimos el camino hacia el Sur hasta el punto donde atraviesa al arroyo una inyección basáltica en forma de dique. Aquí se aparta del camino real una vereda, que nos lleva sobre el tezontle rojizo al pie de los ya varias veces mencionados Teatines, que en forma de dos peñascos altos y abruptos del basalto compacto, sobresalen unos diez a quince metros del tezontle, que en su alrededor está abierto en minas para su explotación (Lám. III).

Esta loma de tezontle, con los Teatines en su centro, está situado en un rincón entre tres corrientes de lava. La corriente antigua de basalto al Oriente (véase la Lám. I), era un obstáculo para la corriente enorme de andesita que, saliendo del punto donde hoy se levanta el Cerro Peñudo, se extendió hacia el Norte. La corriente antigua de basalto es la que corrió hasta el pueblo de Santa María como hemos dicho. Al lado Poniente de estas dos corrientes, que tienen un espesor de unos cuarenta hasta sesenta metros, se extendió más tarde una corriente de basalto que tenía su origen en el flanco Norte de Mazatepec y que se acerca con su margen Poniente mucho a otra corriente que, naciendo del cráter del Tetecón se derramó también hacia el Norte, adquiriendo una extensión mucho más grande que la corriente del Mazatepec, pues se extiende casi hasta el pueblo de Santa Cruz Meyehualco. En la Lám. I se ven perfectamente las dos corrientes primeras, mientras que de la tercera solamente es visible una parte en la dirección del Xaltepec.

Nuestro camino sigue el camino real que, subiendo por la corriente del Mazatepec, llega al puerto entre este cerro y el Tetecón. Poco antes de llegar al puerto nos dirigimos hacia el Poniente, bajando a un arroyo que está cortado en las capas de arena volcánica y de lapili de los dos volcanes (que forman el puerto) y que aquí ya tienen una inclinación más fuerte. Es de sentirse que el arroyo no corte estas capas suficientemente, para que viéramos cuál de los dos volcanes es el más antiguo y cuál el más moderno o si acaso su formación fué contemporánea.

Faldeando por el flanco Norte del Tetecón y subiendo por

el lado Norte Poniente de su cono se llega al cráter de este volcán, por una brecha, que no abre más que la cuarta parte de la circunvalación del cráter. A los dos lados de la brecha, lo mismo que en la parte del cono debajo de ella, vemos las capas de tobas, cenizas y lapilis volcánicos a veces con bombas, y en estos cortes naturales observamos su posición periclinal respecto al cráter. Enfrente de la abertura se encuentra un montículo que está construido por los pedazos de estas capas, entremezcladas con tezontle y lava más o menos porosa. Al pie de este montículo, a los lados WNW y N se extienden las corrientes de lava basáltica que, como ya hemos dicho, en el NE llegan hasta la orilla de la corriente de Mazatepec, en el N hasta Sta. Cruz y en el NW y W rodean el pie del cono del Xaltepec.

El cerro del Tetecón que hoy día tiene la forma de una herradura o de un anfiteatro abierto por un lado (NW) era antes un cono completo con un cráter cerrado por todos lados, que en un período de su actividad volcánica se llenó con lava ígnea fluida hasta el borde. La producción de lava en este cráter era tan grande que no cupo en él y se derramó hacia el SE en donde observamos todavía restos de una lava porosa rojiza, igual al tezontle, en el flanco, y una corriente de esta roca, que se extiende en esa misma dirección al pie del cerro. Pero mayor cantidad puede haberse salido por el lado NW del borde donde la corriente debilitó el borde de tal manera, que en un momento dado ya no pudo resistir la presión de la lava líquida que llenó el cráter y, rompiéndose el borde, se derrumbó hacia afuera, derramándose encima de los escombros el contenido del cráter sobre flancos y pie del volcán del Tetecón, extendiéndose en la llanura.

Como estas corrientes rodean una parte del pie del cono del Xaltepec, tenemos que deducir que esta lava se derramó después de la formación de este volcán, sin que podamos decir qué relación respecto al tiempo de su formación hay entre los conos de los dos cerros.

La subida al Xaltepec por este lado (NE) es algo penosa por falta de una vereda buena. Encontramos en esta subida grandes bombas de un basalto muy compacto con relativamente pocos cristales de olivino, por cuya circunstancia se distingue esta roca algo andesítica bien de los basaltos de las inyecciones y de las corrientes, que tienen por lo regular un color más oscuro y más cristales de olivino.

También el cráter de este hermoso volcán del Xaltepec (véase Lám. IV) tiene una brecha bastante marcada hacia el lado

N.W. pero parece, que esta abertura se formó por la erosión, pues no hubo derrame de lava por ella.

El Xaltepec, que presenta el aspecto de ser un volcán muy regular y bien conservado y por lo tanto muy moderno, no es tan intacto como parece. El Sr. Ordóñez quien ya observó la diferencia que se nota entre el lado Norte del cono, donde abundan los blocks de basalto antes mencionado y entre los cuales hay mucha vegetación de nopales y arbustos, y el lado Sur formado por pura arena con una vegetación de gramíneas y de unos pocos árboles de Perú, creyó que esa diferencia haya sido ocasionada por los vientos actuales del SE.¹

Pero la diferencia en la configuración de estos dos lados del Xaltepec no puede ser el efecto de los vientos del SE, porque los vientos predominantes de la cuenca de México son precisamente los del lado opuesto, sino que es el resultado de un derrumbe de las capas superficiales del cono en el lado SE. Se observa perfectamente en el borde de este lado del cráter que las capas horizontales que lo forman están cortadas en el lado exterior y que falta su continuación, que antes cubrió el cono y que hoy día se encuentra resbalado y extendido al pie del cerro.

En el fondo del cráter en el SE se observa un montón de tezontle rojo que puede ser el resto de la lava que llenaba antes este fondo; más probable es que sea el producto de una de las últimas erupciones, ya reducidas en su fuerza, de la chimenea del Xaltepec.

Un interés especial tiene para nosotros la parte inferior del lado SW del cono del Xaltepec, por el cual bajamos a la llanura, que se extiende a este lado del volcán. Encontramos allá en medio de los flancos regulares del cono una elevación de las capas que se prolonga de la falda del volcán hacia su pie y hasta la llanura misma, estando esta elevación tan notable que se le ha dado el nombre de Las Chiches.

Felizmente esta elevación está cortada por la erosión y de este modo podemos ver que en su interior se halla una masa basáltica que levantó las capas. También aquí, lo mismo que en las protuberancias antes descritas y en las que visitaremos en la llanura, se trata de inyecciones de basalto, solamente que aquí en Las Chiches no hubo contacto del magma con agua o con capas

¹ Ezequiel Ordóñez. "Las rocas eruptivas del Suroeste de la cuenca de México." Boletín del Instituto Geológico, núm. 2, pág. 24.

húmedas y por lo tanto no se efectuaron explosiones ni se formó tezontle.

En estas lomas el basalto se inyectó en forma de una laccolita, levantando las capas superiores del cono y extendiéndose entre ellas y las de mayor profundidad (Lám. V).

En la llanura sí se encontraron las inyecciones, por lo menos en algunas partes, con capas húmedas, y por consiguiente observamos en algunos puntos allá la formación de las mismas protuberancias que conocemos del lado N de la Sierra de Santa Catarina; pero también encontramos en otros puntos solamente inyecciones de basalto, que levantaron las capas de arena. De vez en cuando el magma perforó las capas y salió en forma de "puyes" pequeños, a cuyo alrededor las capas de arena están en posición periclinal.

Podemos observar y estudiar los diferentes estados de estas inyecciones en las varias minas de arena y de tezontle que se abrieron en los últimos años y precisamente en las últimas semanas, y gracias a estas excavaciones podemos darnos cuenta exacta sobre la formación de esas elevaciones, que en gran número se encuentran en la llanura entre el Xaltepec y el San Nicolás y alrededor de este último volcán, que es probablemente uno de los más antiguos de toda la sierra, sin que se pudiera comprobar esto con seguridad.

Por fin hay que mencionar un detalle en una de estas minas de arena entre Las Chiches y el principio de la curva grande que hace el Ferrocarril de San Rafael y Atlixco, para bajar del llano al pueblo de Tlantenco. Observamos aquí que las capas inferiores de arena están cortadas por barrancas pequeñas llenadas por la arena de erupciones posteriores. Nos podemos explicar este fenómeno solamente por el hecho de que entre dos erupciones cayeron fuertes aguaceros que, producidos probablemente por las mismas erupciones, cortaron las barrancas en las arenas recién depositadas y que estos arroyos fueron nivelados de nuevo por la caída de cenizas nuevas.

México, Julio de 1911.