
X LA DIVERSIDAD

*de las montañas volcánicas del Ecuador, bajo el punto
de vista genético*

POR EL

X Dr. A. STÜBEL

[Traducción directa del alemán por AUGUSTO N. MARTÍNEZ]

La investigación detenida de las montañas volcánicas de la República del Ecuador, confirma el hecho, hace ya mucho tiempo presentado, que todos los volcanes deben su origen á la emisión ascendente y acumulación de materiales eruptivos, sobre todo de masas de roca en estado igneo fluido.

Pero como el resultado más importante de nuestra exploración en aquellas regiones, podemos mencionar el conocimiento del hecho, que la mayor parte de esas montañas volcánicas se han formado exactamente de igual manera, es decir que cada una de ellas individualmente reconoce su construcción á *un solo período eruptivo*, y no á una serie de estos, separados por intervalos de tiempo más ó menos largos.

La forma típica de aquellos volcanes que se han formado por sucesivas acumulaciones es necesariamente la cónica; la desviación de esta obedece á circunstancias especiales en el transcurso del proceso de su formación.

Pero otra es la configuración de aquellas montañas volcánicas, formadas por la acumulación *en una sola vez*, de monstruosas masas eruptivas, y que conservan hasta hoy su altura y extensión. Esta especie de origen da margen á innumerables variedades de forma.

Si aquí decimos, en una sola erupción, de manera alguna abrigamos la pretención de afirmar con esto, que una mon-

taña de quizás mil ó dos mil metros de altura y correspondiente circunvalación, se haya formado en el espacio de pocos días; lo que queremos significar con esas palabras, es que las erupciones que suministraron los materiales se seguían tan violentamente una después de otra, que la estructura de la montaña se terminó aún antes que el enfriamiento y solidificación estuviesen suficientemente avanzados, para detener completamente la movilidad de su masa, ó una parte de ella.

Muchos años, talvez siglos, pueden haberse transcurrido entre el principio de la erupción, y la época en que se terminó la conexión entre la nueva construcción y el foco subterráneo, y quizás miles de años antes de que la masa de la montaña se haya enfriado por completo, pero sin embargo puede considerarse á tal construcción como el producto de una sola erupción.

Las circunstancias que intervienen en la construcción de una montaña volcánica, pueden ser de dos especies; en la primera se verifican las acumulaciones de masas fundidas, envueltas por penetración, unas con otras; en la segunda, el magma sube impetuosamente y se derrama sobre la cubierta ya solidificada, experimentando esta última empujes locales, y resquebrajaduras. Ambas especies de circunstancias pueden tener lugar en una y misma construcción, con mutuas alternativas. De aquí, que lo más importante que hay que tomar en cuenta para la configuración de una montaña volcánica son: la cantidad y estado de fluidez del magma, la disposición de la abertura del cráter, la extensión de la masa emitida en los declivios, la potencia que ha empleado el magma para levantarse, así como la proporción y empuje del mismo y finalmente, la configuración del suelo en los alrededores de la abertura del canal sobre el que ha tenido lugar la deposición de las masas de rocas más ó menos fluídas.

A las construcciones volcánicas que se han originado por una sola erupción, ó más bien, en una sola época eruptiva, y que no han experimentado modificación alguna importante, por deyecciones posteriores, las caracterizamos, empleando un corto término, con el nombre de *montañas volcánicas monogeneas*. En oposición á ellas, están aquellas construídas por acumulaciones sucesivas, y á las que denominamos *montañas volcánicas poligeneas*. Esta oposición se justifica las más veces, cuando la construcción monogenea primitiva, fué demasiado pequeña, y llegó á ser cubierta de tal modo con los materiales de las erupciones ulteriores, que se sustrae casi por completo á la observación directa.

EN LA CLASIFICACIÓN DE LAS MONTAÑAS VOLCÁNICAS HAY QUE ESTABLECER EN PRIMER LUGAR EL PRINCIPIO GENÉTICO Y

NÓ, EL TECTÓNICO.

De la combinación de ambas especies de formación nace una extensa serie de formas de montaña; en uno de los términos de esta serie, están las construcciones monogeneas diversamente configuradas, en el otro las poligeneas, las más veces cónicas, y entre ambas, hallan lugar los volcanes que pueden poseer al mismo tiempo las dos formas. Como la más conocida de esta combinación última, debemos mencionar al Vesuvio y Somma.

La gran diversidad en las formas de las montañas monogeneas, corresponde, por consiguiente, como ya lo hemos discutido en el proceso de las erupciones, no solo á los accidentes de la acumulación, sino también á la posibilidad que una montaña experimente en el interior de su masa, una dilatación en mayor ó menor escala, antes que la misma se haya consolidado en todas sus partes, y que se hayan verificado esa clase de hundimientos, [que los geólogos alemanes llaman "*Sackungen*,"] hundimientos que ejercen notable influjo, sobre las condiciones de yacimiento de las masas de rocas, así como la forma exterior de las montañas. En el estudio de muchas construcciones volcánicas, solo se puede descifrar el enigma tectónico, con la acepción de su modo de formación monogenea.

De manera alguna se excluye, en los volcanes monogeneos, la construcción estratificada; la presencia de capas, á menudo extensas de tobas y escorias, de lechos de aglomeratos y escombros, entre bancos de material fundido no contradicen este modo de formación [1] así como tampoco las existencias locales de filones de lava que atraviesan aquellas capas. La reducida potencia de muchos de estos filones, el modo de su inclinación, cruzamientos, encorvaduras en sentido horizontal esparcimiento y estriaciones, [tenemos ejemplos inmediatos y especiales, en los rápidos declivios interiores del Somma, Val del Bove y la montaña Cañadas en la isla de Tenerife] requieren necesariamente que ellos, como rehinchimientos de cavidades y grietas, sean considerados como originarios en el interior de una masa de rocas igneo fluídas, y esto tanto más, cuanto que en muchos casos, sería inconcebible que la roca del filón haya subido de la profundidad del foco volcánico, para llenar como masa enfriada y perfectamente solidificada una grieta existente de antemano, ó aun dar origen á esta misma grieta. Los focos locales del material de los filones podrían estar situados, cuando

[1] Recordamos, por ejemplo, los bancos de Basalto de fragmentación columnar, que siendo una y misma masa corrida presenta arriba y abajo capas de rocas aglomeradas.

más, en el interior de la misma masa aun fundida de la montaña. Si aún, en el día vemos presentarse la formación de filones, en el cono de escombros del Vesubio, debemos tener en cuenta también, que en el interior de ese cono reina una temperatura en extremo elevada.

Pero lo que especialmente sorprende en el estudio de las grandes y extinguidas montañas volcánicas del Ecuador, á las que hemos atribuído el carácter de formaciones monogeneas, es la circunstancia que en el gran número de formas que existen allí, se reproducen siempre las de ciertos tipos, que nos hemos visto obligados á establecer, con más ó menos aproximación.

Esta observación es muy significativa, pues suministra la prueba que *principio genético semejante*, determina en la arquitectura de las montañas volcánicas, una configuración semejante. Pero como las *sucesivas acumulaciones*, al rededor de un canal de salida pueden producir solo montañas de configuración cónica, estábamos obligados á buscar otra explicación, para conocer el modo de origen de las que no poseen aquella forma; esa explicación se deduce solo de la aceptación, que en lo esencial, esas montañas habrían sido formadas por una *sola erupción*. Si en esta única erupción, concurren condiciones iguales, en lo relativo á la cantidad y estado de fluidez del magma, á las propiedades del canal del cráter etc. necesariamente se producirán formas de montañas semejantes. Una tercera explicación, la de la *teoría del levantamiento* de Leopoldo de Buch, queda desde luego, excluída.

Al contrario sucede con el principio, que todas las montañas volcánicas, aún las de actividad periódica deben poseer por lo menos un nucleo de formación única; he aquí una prueba de peso en favor nuestro. Tiene su fundamento en la esencia de los fenómenos volcánicos, en tanto, como hemos podido juzgarlos hasta ahora. Si es el fin principal, en cada erupción, como discutiremos más adelante, una cierta cantidad de roca igneo fluída en el interior de la tierra, claro se está, que necesita una poderosa manifestación de fuerza, para efectuar el primer rompimiento, y que, si la fuerza del material eruptivo reside en el interior mismo, el volumen de la masa quebrantada debe estar en determinada proporción, con la cantidad de esfuerzo que era necesario para abrir el canal de erupción.

Que más tarde, existiendo este canal de emisión podían seguirse relativamente pequeñas erupciones, con cuyos materiales en el transcurso del tiempo, edificarían notables montañas, no hay como negarlo, pero siempre la primera y más potente erupción, es la que habrá producido el nucleo de la creación

volcánica.

La montaña cónica es la forma fundamental en ambos modos de construcción volcánica, tanto para la que se originó por una sola época eruptiva, cuanto por la de actividad sucesiva, y en verdad pueden producir tanto el uno como el otro procedimiento, montañas cónicas de toda dimensión desde las más pequeñas hasta las más grandes; pero se distinguen específicamente ambos, por la circunstancia, que el uno, el de la actividad sucesiva puede formar solo montañas cónicas, al paso que el otro, á más de éstas, también montañas de muy variadas configuraciones.

Para llegar á la distinción teórica de estas dos especies de creaciones se requiere el método de investigación científica, aunque no siempre será posible en la naturaleza, establecer en construcciones semejantes, el límite entre el uno y el otro modo de formación, aún para el ojo del más ejercitado geólogo.

Lo que nos ha obligado, aceptar el modo de formación monogenea en la mayor parte de los volcanes del Ecuador, queda expuesto detalladamente en el curso de la representación de cada montaña en particular. Por consiguiente aquí nos contraeremos solo á un breve resumen y esto bastará, tanto más, cuanto que al fin de esta disertación, encontraremos lugar, para volver otra vez sobre las condiciones de la estructura monogenea. El mayor número de las montañas volcánicas caracterizadas como monogeneas, se distinguen ciertamente por una arquitectura simétrica que á primera vista impone su manera de acumulación desde un punto central pero al mismo tiempo su articulación es de tal suerte, que el amontonamiento de las aisladas cuchillas en forma de contrafuertes, y sobre las que se levantó el macizo de la montaña, habría sido imposible por sucesivas emisiones de lava; é igualmente parece inadmisibile la aceptación, que partes tan grandes de la masa de la montaña, se hayan destruído posteriormente por *erosión* como sería necesario para explicar la acumulación desde un punto, de estas cuchillas dilatadas y separadas por profundos valles. Para una erosión en tan gran escala, que en muchos casos habría debido destruir por lo menos, media montaña no queda señal alguna ni las demás condiciones del suelo, indican este suceso.

Las montañas valcánicas pueden poseer cráter, sin embargo su existencia, no es una necesidad, como lo es para las que han adquirido su extensa arquitectura por las acumulaciones sucesivas (volcanes poligeneos).

EL CRÁTER EN LAS MONTAÑAS MONOGENEAS, puede tener una doble significación: ó rodea el canal de salida primitivo como tan característicamente lo presentan las montañas con cal-

dera, ó las más veces, por circunstancias del enfriamiento, los pequeños é indeterminados, han llegado á desaparecer en el interior de la masa misma de la montaña.

EL CRÁTER NO ES PUES ESENCIAL PARA LA ERUPCIÓN QUE HA DETERMINADO LA FORMACIÓN DE LA MONTAÑA; CARACTERIZA MAS BIEN SOLO AL SUCESO, QUE TOMÓ ESTA EN SU ÚLTIMO ESTADÍO.

El estudio de las montañas volcánicas del Ecuador, nos ha conducido sin vacilaciones, á aceptar su predominante origen monogeneo.

En verdad podría parecer insignificante á primera vista, la distinción entre montañas monogeneas y poligeneas, si en ambas clases de formación pueden presentarse volcanes de igual forma, y sin embargo no es así; pues solo las montañas volcánicas de acumulaciones sucesivas [poligeneas] corresponden á lo que hasta ahora se ha acostumbrado á mirar como volcán, á saber una *válvula de seguridad*, para dar escape á las fuerzas volcánicas enfurecidas en el interior de la tierra. Los monogeneos exactamente se distinguen de aquellos, por no desempeñar el papel de "fuentes terrestres intermitentes."

Bajo otro aspecto se puede observar la acción de las fuerzas volcánicas, cuando junto á una montaña ya existente [hablamos aquí de las más grandes y de dilatada circunvalación], erigen otra nueva, en la que á su vez llega á extinguirse la actividad. De esta circunstancia se desprende, que una montaña formada en tales condiciones, no solo, no puede servir como intermediaria para las erupciones subsiguientes, sino que llega á ser un obstáculo para otras del mismo foco, en tanto que este último no se ha agotado con la formación de la primera.

Así vemos apoyado en los declivios NE. del poderoso, pero sin cráter Chimborazo, al mucho más bajo Carihuairazo. Y aunque este último posea una gran caldera cráter, jamás le sirvió para una segunda época eruptiva. Así mismo, se levanta en las faldas del Carihuairazo, un nuevo cono de erupción todavía más pequeño relativamente, el Puñalica, y también el estudio de su formación, no descubre actividad posterior, á la que lo produjo.

Las montañas volcánicas monogeneas predominantes, construidas de rocas fundidas se presentan siempre como creaciones acabadas de las fuerzas volcánicas. Y esta circunstancia nos autoriza para establecer una serie de conclusiones que son de gran importancia para el conocimiento propio de las fuerzas volcánicas, y la investigación de su sitio, mientras que las otras, las formadas por sucesivas acumulaciones no nos presentan igual punto de apoyo, para resultados especulativos en la solución del problema.

A primera vista parece que está en contradicción con el modo monogeneo, la circunstancia, que las especies de rocas que toman parte en la arquitectura de una y misma montaña á menudo son muy diferentes, tanto en su composición mineralógica cuanto en la estructura de sus partes constitutivas, tratándose de buscar una explicación á esto, en erupciones de períodos separados, uno de otro por lapsos de tiempo inconmensurables, y originadas en diferentes profundidades del cuerpo terrestre.

Pero exactamente la manifestación de una montaña monogenea es la más apropiada para rebatir tales conclusiones insuficientemente fundadas, y al contrario llega á persuadirnos que en el mismo foco, más ó menos localizado, la masa total del magma, no posee en todas sus partes precisamente igual mezcla, y que además, el proceso de enfriamiento, que puede ser muy vario en la misma montaña, tiene grande influjo en la configuración exterior de las variedades de rocas. En cambio, se imponen entre otras, las transiciones de mezcla de que constan las andesitas anfibolo-piroxénicas y biotíticas, unas con otras, pudiendo éstas á su vez ligarse bajo ciertas circunstancias especiales con las dacitas, anfibólicas, piroxénicas y biotíticas. A pesar también de la manera de formación monogenea, nos creemos autorizados, para hablar de rocas eruptivas, antiguas y modernas, y en verdad, en doble sentido, primero, en tanto que podemos concluir de las condiciones de yacimiento en una y misma montaña una diversidad relativa de edades, y segundo, en cuanto por condiciones topográficas y otras señales podríamos imputar á ciertas montañas individuales ó agrupadas, una mayor antigüedad que á otras de la misma región volcánica.

En la vía de nuestras observaciones inmediatas, nos hemos permitido para las montañas volcánicas del Ecuador, establecer entre otros, cinco hechos principales.

1º La región volcánica de nuestras investigaciones se compone de un gran número de montañas volcánicas compactamente vecinas unas de otras.

2º Todas estas montañas están constituidas de masas de roca anteriormente fundidas.

3º Todas deben su existencia, á lo menos su nucleo, á una formación monogenea, lo que puede demostrarse también en los volcanes activos actualmente y de figura cónica, Tunguragua, Cotopaxi y Sangay.

4º Todas son extinguidas y las tres nombradas como activas, parecen haber entrado en el estadio de la extinción gradual.

5º Todas poseen una gran analogía, en tanto que se deja concluir su forma del estado de fluidez del magma, que han debido tener en el tiempo de su acumulación.

De estos factores cada uno en particular, es en verdad, de interés topográfico, pero obtienen su más profunda significación genética, cuando mutuamente combinados, prestan el timbre de veracidad á la hipótesis aducida.

Del 1º concluimos, que el foco debe estar situado en reducida profundidad; del 2º que el fin propio de las erupciones es la emisión de materiales igneo fluidos; del 3º que cada montaña se ha formado por la impulsión de una cantidad completamente determinada de magma; del 4º que el foco se ha agotado del todo ó está en vía de agotamiento; y del 5º que el material de todas las montañas juntas, posiblemente ha debido provenir de un mismo foco, y en lo principal en un mismo período,

Reunidos estrechamente estos factores, establecen la aceptación, que las fuerzas volcánicas, en donde quiera que se exterioricen, no pueden ser otras, que la consecuencia de un proceso de enfriamiento en el interior de una masa fundida encerrada compactamente, un proceso, que en lo esencial se traduce en una expresión de cambio de volumen, probablemente en el aumento de este en la misma masa, más ó menos repentinamente. De aquí que se pueda considerar á la materia como el vehículo mismo de las fuerzas volcánicas.

Las conclusiones á que hemos llegado, serían para el curso de nuestras consideraciones, en caso de que puedan aducirse con pleno fundamento, tanto más preciosas, cuanto que parecen ofrecer el punto de partida para el discernimiento de la profundidad, en la que se debe buscar el sitio de la actividad en el presente.

De la comparación de las formaciones relativamente nuevas, con las más antiguas, con aquellas que quizás cuentan millones de años, se puede deducir una retrogradación en la acción de las fuerzas volcánicas. ¿En donde se habrían levantado montañas de la altura del Chimborazo, dónde islas de la circunvalación de las del Atlántico y del Pacífico, en el transcurso de los últimos mil años, en dónde se habrían originado, regiones volcánicas enteras? No podríamos explicar esta retrogradación de las fuerzas creadoras de la actividad volcánica, si estableciéramos que las más grandes y más extensas de estas creaciones no serían sino el producto de una suma de pequeñas erupciones relativamente.

De aquí que nos veamos forzados á considerar á las más poderosas formaciones volcánicas, como construcciones monogéneas, pudiendo juzgar, por otro lado, con rectitud, el porque de la disminución de intensidad en la obra de las fuerzas volcánicas, tal como se impone en todas partes en la superficie de la tierra.