
X LOS VOLCANES DE SUD-AMERICA

EN ESPECIAL LOS DEL ECUADOR.—UNA OJEADA A LA TEORIA DE LOS
VOLCANES

POR

X LUIS DRESSEL

(Capítulo 3º de "*Die Vulkanausbrüche auf den Antillen*") (*)

[Traducción directa del alemán por AUGUSTO N. MARTÍNEZ]



Antes de que pasemos á explicar el origen y modo de acción de los volcanes en general, nos parece indispensable ampliar nuestro horizonte. Hemos establecido que la cordillera de las Antillas se une con la de los Andes Sud-americanos, por medio de las montañas costaneras de Venezuela, mientras que por otro lado cierra las Centro-Americanas. Estas dos cadenas de montañas, la Medio y Sud-Americana, son ricas en centros eruptivos, y mucho más, que las de tierra firme del continente Norte-americano. Todas estas montañas volcánicas quedan proporcionalmente cerca de las costas del Océano Pacífico y ciñen, en combinación con los volcanes de las Aleutas, Kamtschatka, la corona de islas del Asia oriental, Filipinas, Molucas, islas de Salomón, Nuevas Hébridas hasta la Nueva Zelandia, la más grande región deprimida del Globo, con un anillo monstruoso de poderosas montañas ignivomas. En el centro de este anillo, se encuentran las islas Sandwich con uno de los mayores cráteres del mundo. La serie de los volcanes Sud-americanos se divide en cuatro grupos,

(*) Frankfurter Zeitgemässe Broschüren. Band XXII. 15 März 1903. Heft 6. pag. 197. Hamm i. W.

separados unos de otros por extensiones montañosas no volcánicas, 1º El grupo Colombiano-Ecuatoriano entre el 5º Lat. N. y 4º Lat. S., con cerca de 60 volcanes; 2º El Peruano-Boliviano entre el 15º y 22º Lat. S., con 32 volcanes; 3º El Chileno medio, entre el 33º y 44º Lat. S. con 25 volcanes, y finalmente, el 4º, El Patagónico entre el 51º y 55º Lat. S. con 3 volcanes.

En el Ecuador los volcanes están agrupados compactamente. Principian en el límite N. de la República, bajo 1º Lat. N. y llegan hasta los 3º 11' Lat. S. En este espacio relativamente estrecho de 67 leguas geográficas de longitud y de 5 á 6 leguas de ancho, encontramos apiñados cuarenta volcanes. La mayor parte de entre ellos, por su circunvalación y altura, pertenecen á los gigantes de su estirpe. Así mismo casi todos forman la cresta de ambas cordilleras que aproximadamente paralelas, atraviezan á todo el territorio de N. á S. y solo unos pocos se levantan en el altaplanicie entre las dos cordilleras. Han trabajado desde el fin del tiempo terciario. Cuando los españoles tomaron posesión del país, exceptuando á cinco, Antisana, Pichincha, Cotopaxi, Tunguragua y Sangay, los demás eran extinguidos. En la actualidad solo los tres últimos son activos. El Cotopaxi y el Tunguragua temporalmente entran en el estado violento de actividad, después de más ó menos largos intervalos de tranquilidad; el Sangay, sin interrupción alguna, está en aquel estado. Los tres son conos hermosos, sencilla y simétricamente conformados, de rápidos declivios, y cuyas erupciones se verifican por un cráter relativamente pequeño, situado en la cima y envuelto en una coraza de hielo. —El Cotopaxi, el volcán más alto, entre los activos del globo, tiene una altura de 5943 metros sobre el nivel del mar, el Tunguragua, 5087, el Sangay 5323 metros.

Siendo la actividad del Cotopaxi, la mejor conocida, nos ocuparemos primero de ella. Es verdad que las noticias históricas datan solo desde la invasión de los españoles; se debe tener en cuenta, además, que en aquel tiempo, ya los volcanes habían concluído el proceso de su desarrollo, y tanto en su forma, cuanto en las escenas de los alrededores, no habían mudado. Pero por fortuna, dos geólogos alemanes A. Stübel y W. Reiss lograron leer los rasgos principales de la prehistoria de este viejo pico de fuego, en las plegaduras y cicatrices de su descompuesta faz. El primer investigador dice aún en su obra, "Die Vulkanberge von Ecuador" lo siguiente: Existen en realidad muy pocas memorias fidedignas sobre erupciones del Cotopaxi en el tiempo histórico. Pero no las necesitamos, pues la misma montaña nos ha transmitido la historia de su actividad, escrita con toda precisión en sus declivios. Y exactamente en esta plena trasmisión de su historia consiste lo característico de este volcán, pues es muy sig-

nificativa para el conocimiento del modo de acción de las fuerzas volcánicas en general.

Como en otros volcanes del Ecuador, tenemos también que distinguir en el Cotopaxi, entre una grande construcción antigua fundamental y una superior más pequeña y moderna respectivamente. La primera, una montaña en forma de cúpula, de gran circunvalación y en cuya mitad se erige la otra rápida. Los suaves declivios están divididos por numerosas y profundas quebradas y canales en cuchillas radiales. Tanto la base como el esqueleto del cono rápido pertenecen á la misma formación; pues ambos constan de poderosos bancos sobrepuestos de una lava compacta, los que de vez en cuando están separados unos de otros por capas delgadas de lava escoriácea ó porosa, ó de materiales eruptivos sueltos. Todos esos bancos se ajustan precisamente á las condiciones de superficie del suelo sobre el que han corrido y son el resultado de emisiones frecuentemente repetidas de una lava viscosa fundida, que se repartió anularmente al rededor de la abertura de derrame, y sin fluír á mayores distancias, se solidificó allí. Recuerdan á ciertas emisiones superficiales basálticas del tiempo terciario, y presentan un tránsito de estas á las formaciones históricas de la época actual.

Esta antigua formación de bancos de lava en el Cotopaxi, data de un tiempo considerablemente remoto. Se distingue en alto grado, por la unidad y uniformidad de su constitución, tanto que A. Stübel no vacila en clasificarla como una montaña volcánica *monogenea*. Admitimos esta palabra en un sentido lato, pues no queremos expresar con ella el producto de una sola *fundición*, como por ejemplo, los conos basálticos y cúpulas traquíticas terciarias, sino el de una formación debida á diferentes emisiones que se sucedían sin interrupción, durante un largo período eruptivo. Según el mismo autor, después de un muy largo espacio de tiempo, pero siempre muchos centenares de años antes de la ocupación española, comenzó el Cotopaxi un nuevo período de erupción, cuyos últimos ecos se repercuten aún todavía. Sobre la antigua abertura y al rededor de la misma se formó el actual cono volcánico, ya cuando una parte de la vieja montaña había llegado á destruirse. Restos de esta última, sobresalen en forma de rocas rápidamente denteladas, en los declivios meridionales, cerca del límite de las nieves perpetuas sobre la cubierta de tobas, y se las conoce con el nombre de "El Pichacho" (Cabeza del Cotopaxi, del Inca etc. etc.) Las erupciones del segundo período no solo suministraron materiales diferentes sino que se continuaron, como acostumbra la mayor parte de los volcanes activos de la tierra en el presente.

Las rocas del primer período eruptivo pertenecen á las An-

desitas anfibólicas y biotíticas, así como también en parte, á las Dacitas; las del segundo son exclusivamente Andesitas piroxénicas. Estas no se han acumulado como masas compactas de rocas al rededor de la abertura de salida, sino que en forma de ceniza, arena, escorias y corrientes han contribuído para la construcción de una montaña poligenea ordinaria, provista de cráter, y cuyo nucleo interior y esqueleto ciertamente en su mayor parte consta de los restos de la primitiva construcción. El blanco manto de nieve que le cubre no es de una formación homogénea sino que se compone de capas alternantes de hielo y ceniza. Muchas líneas negras que recorren de arriba abajo al lado oeste del cono nevado, son escalones de restos de corrientes de lava allí depositados. En los rápidos declivios superiores cubiertos de nieve, no puede la lava fluída detenerse, se precipita hasta las superficies menos inclinadas de la base y entonces de allí la lava acumulada puede fluir en corriente continua. Las nueve corrientes de lava que ahora se encuentran en los declivios de la montaña, parecen, por esa circunstancia, originarse en el límite inferior del manto de hielo aunque sin duda alguna se derramaron por los bordes del cráter de la cima.

Durante la dominación española acaecieron nueve erupciones grandes; la primera en 1534 (1), exactamente cuando los conquistadores, iban de la costa al alto país; la segunda doscientos años más tarde en 1742 (15 de Julio), las siguientes en 1742 (9 de diciembre), 1743, 1744 (30 de noviembre), 1744 (2 de diciembre), 1766, 1768, 1803. Durante el período de la República, nadie se preocupó de seguir una crónica de los sucesos volcánicos, que se verificaron en los primeros años de la independencia y los datos que poseemos de algunos de ellos, son debidos á viajeros extranjeros, que por casualidad estuvieron presentes. Según estos datos, se sucedieron en el Cotopaxi, erupciones en los años de 1845, 1851, 1853, 1855 y 1856, siendo todas ellas de relativamente pequeña significación. En 1877, reunía el coloso de fuego, todas sus fuerzas, para dar uno de sus golpes más violentos y devastadores. El Doctor Th. Wolf, que junto á A. Stübel y W. Reiss, es el geólogo conocedor del Ecuador, se encontraba en ese entonces en el país, y nos ha suministrado una precisa y segura relación de aquel acontecimiento. Tomamos

(1) Hasta hace poco tiempo, se había atribuído al Cotopaxi, la erupción de este año, y que produjo la lluvia de ceniza que hubieron de soportar Alvarado y sus compañeros; pero nuestro sabio historiador, Doctor F. González Suárez fundado en documentos auténticos é irrecusables, le atribuye al Tunguragua [Historia General de la República del Ecuador. T. II. Cap. VI. p. 190].

de ella algunos rasgos generales, tanto más necesarios para nuestro fin, cuanto que caracteriza la actividad eruptiva de los volcanes de los Andes ecuatoriales.

Ya desde enero de aquel año (1877) el desarrollo de gases en el cráter, tomó mayor incremento. En lugar de esas nubecillas blancas que siempre están adheridas á la cumbre del volcán, ahora se levantaban importantes columnas de vapor y humo. En su proximidad se oían de vez en cuando sordos bramidos. El 21 de abril á las 7 de la noche se sucedió la primera erupción importante de cenizas. Una densa columna de humo se arremolinaba á cerca de 300 metros de altura, difundiéndose arriba en oscura nube. De cuando en cuando se iluminaba por el reflejo del baño fundido de dentro del cráter, y levantaba con ella bloques incandescentes de lava, que en su caída parecían cometas arrastrando largos regueros de luz. El 25 de junio, se repitió una erupción semejante á la de abril pero algo más violenta. A la 1 y $\frac{1}{4}$ de la tarde se levantó una negra columna de humo y ceniza verticalmente del cráter, casi á la doble altura del cerro, por consiguiente á 6 kilómetros, extendiéndose en los estratos superiores de la atmósfera y oscureciendo la luz del día, en los alrededores del volcán. Entre las 6 y 7 de la noche, se observó un fuego muy vivo de descargas eléctricas en el círculo de la cúspide del Cotopaxi; los relámpagos cruzaban las nubes con intermitencias de 10 á 20 segundos. Al segundo día se verificaba la espantosa catástrofe, que arrebató la vida á centenares de hombres y miles de animales, convirtiendo campos amenos en desiertos de arena y piedra y destruyendo en una hora el trabajo de muchas generaciones.

A las seis y media de la mañana poco más ó menos, se lanzó repentinamente, una altísima columna de humo y cenizas de su cráter, y se difundió tan rápidamente en las regiones superiores de la atmósfera, que ya á las ocho en Quito, que dista más de 10 leguas, reinaba un crepúsculo, "como durante un eclipse solar." Aquí se pudo comprobar con certeza, el hecho curioso, que los ruidos subterráneos (bramidos) se oían á mayor distancia del volcán, que en sus cercanías. Por ejemplo, no hubo persona en Guayaquil, distante del centro eruptivo, cuarenta leguas geográficas, que entre 9 y 11 de aquel día no hubiese oído las fuertes detonaciones, como disparos de artillería, é igualmente en Cuenca, mucho más alejada, mientras que, al contrario, en Quito, distante, como hemos dicho, solo de diez leguas, hubo muchísimas personas que no oyeron ruido alguno, y en Latacunga, casi al pie del volcán, no se oyeron del todo. En vista de esto es muy probable que el punto de partida de las detonaciones no residía en la montaña volcánica misma. En todas las relacio-

nes de las otras erupciones del Cotopaxi, se había señalado este hecho curioso, pero quedaba cierta duda de exactitud.—Mientras que en diversos y muy distantes lugares de la República se oían las fuertes detonaciones, derrepente la lava ignea en el cráter entró en efervescencia y ebullición y se lanzó con una rapidez extraordinaria por las faldas del cono. La particularidad de esta erupción, fué el que la lava no se derramó en una sola ó en algunas corrientes, sino igualmente en todo el perímetro del cráter, tanto por el borde más bajo, cuanto por la cima más alta. El derrame duró de un cuarto á media hora y precipitó cantidades fabulosas de lava hacía abajo. Wolf, calcula esta cantidad de lava que descendió por 18 ó 20 quebradas, redondamente en 200 millones de metros cúbicas.

Lo terrible de la erupción no consistió en la emisión de lava, sino en la circunstancia que la materia igneo-flúida, tuvo que derramarse sobre una cubierta de 30 á 50 metros de espesor, compuesta de capas alternantes de ceniza y hielo. El contacto de la lava fundida con el hielo, produjo en un instante monstruosas masas de agua, que mezcladas con cenizas, témpanos de hielo y enormes fragmentos de rocas, se precipitaron por los declivios de la montaña. El deshielo no se verificó en igual escala en todos los lados. En primer lugar, la cantidad de lava derramada, fué mucho más grande por las escotaduras occidental y oriental del filo del cráter; además el manto de hielo no es tan terzo, como parece visto de lejos. Está atravesado por depresiones y grietas, intercaladas entre cuchillas y gradas, que converjen á las quebradas del pie del cerro. Mientras que en algunos lugares se fundía poco hielo, se vió en otros abrirse anchas calles, con paredes verticales de 10 y 15 metros de altura. Por todas las quebradas que rodean á la montaña se precipitaron corrientes de lodo y piedras, de tal magnitud, que á pesar de tener muchas de ellas, 100 metros de ancho por 50 de profundidad, apenas podían contener dichas corrientes. En la base del volcán, en donde las orillas de los ríos, son tan bajas, se derramó el salvaje y destructor torrente, sobre los campos, pastos, haciendas, caminos devastando y cubriendo todo, con fango, arena y piedras. La destrucción de las casas y fábricas fué tan completa, que poco después no era dado reconocer el sitio que ocuparon antes de la catástrofe. Se puede apreciar la inmensa cantidad de agua repentinamente originada, por el engrosamiento de los ríos Pastasa y Guailabamba. A 16 leguas de distancia del Cotopaxi, el primero de esos ríos, el Pastasa, se abre paso, al pie del Tunguragua, por una quiebra de 12 metros de ancho y 100 de profundidad; pues bien tres horas después de su llegada á Mulaló, destruía el puentecillo construído sobre

aquella pavorosa sima. El nivel del anchuroso río de Esmeraldas, formado por el Guaillabamba, se levantó, 18 horas más tarde, algunos pies, en su desembocadura en el Océano Pacífico, y por los cadáveres, restos de casas, muebles, árboles etc. que flotaban en esas aguas turbias, conocieron los habitantes del litoral, la suprema desgracia acaecida á sus hermanos del interior.

Con la emisión de lava se quebrantaron las fuerzas del desmayado viejo volcán. No produjo después sino repetidas erupciones de cenizas. Cuando dos meses más tarde, Wolf ascendió á la cima, observó que se exalaban del cráter grandes cantidades de ácido clorhídrico. En los declivios exteriores apercibió solo el olor de ácido sulfuroso é hidrógeno sulfurado. Esto comprueba que el Cotopaxi se encuentra en el primer estadio de la actividad de fumarolas, y por tanto conduciéndose como otros volcanes, lo que hasta ahora se había combatido para los ecuatorianos. En los años 1878, 1879 y 1880 (3 de julio) volvió á repetir manifestaciones de actividad, pero no tan violentas como las de 1877. (1) Perdió por completo sus fuerzas y bríos, luego que su vecino meridional, el Tunguragua, en 1886, entraba de lleno en violenta actividad eruptiva.

Ahora dirijamos una ojeada al Sangay, el volcán más interesante del Ecuador, y uno de los más activos del globo. Se levanta en los declivios orientales de la cordillera también oriental. Los habitantes del país interandino no pueden divisarlo, por estar atrás de innumerables serranías que constituyen la cresta de la cordillera en esa parte, y por que toda la vasta región que le sirve de base es desierta é inhabitable; de allí que no se le haya prestado toda la atención que se merece. En su cima cratérica, abierta hacia el S. E. se eleva un cono de erupción, cuya terminación apenas rebaza al filo de la valla exterior del cráter. Según Ch. M. de la Condamine, principió el Sangay, su período actual de actividad ya en 1782, y desde ese entonces no la ha interrumpido del todo, sino manifestádola con intensidad variable. La primera descripción detallada de él, la debemos al ingeniero francés S. Wisse, que en 1840 y en compañía de García Moreno, visitó al volcán. Distingue tres clases de erupciones, "*suaves*" en las que emite ceniza solamente; "*fuertes*" en las que junto á cenizas, arroja también piedras incandescentes, cayendo la mayor parte de éstas en el cráter, y solo pocas ruedan por los declivios exteriores; y finalmente,

(1) El profesor Dressel, ha ignorado, pues no la cita en su escrito, la última erupción del Cotopaxi, del 22 de julio de 1885.

“*extraordinarias*,” en las que expelle bombas de lava y piedras en tal cantidad, que los rápidos declivios superiores se cubren con una masa incandescente.—Mientras que los mencionados observadores, pudieron contar en una hora, 260 erupciones suaves, de las extraordinarias, una sola, en el curso de un día. Las piedras y bombas son lanzadas, las más veces verticalmente á una altura media de 240 metros sobre el filo del cráter. El número de piedras expulsadas en las erupciones de las dos primeras clases, no es grande; durante una erupción fuerte, contaron 50 piedras incandescentes. Ni las más fuertes conmueven á la montaña, sin embargo cada erupción va precedida de un ruido sordo. Este, en las erupciones “*extraordinarias*” es más fuerte, seco, sin retumbancia ni tronido, pudiendo compararse aproximadamente á la descarga de un batallón de soldados.—Cuando A. Stübel estudió én 1872 al volcán, acaecían en una hora de 10 á 20 erupciones, y W. Reiss comprobó el hecho que, ya desde años atrás, sin interrupción alguna, emanaba de su cráter, lava fluído-incandescente, dirigiéndose hacia el oriente, hacia la región de los bosques de Macas. Los indios habitantes de esta comarca, ven todas las noches, los flancos de la montaña, cubiertos de fuego. Hasta que nivel alcanza el curso devastador de la corriente de lava, al travez de las selvas tropicales, es desconocido completamente.

Parece extraño que en un volcán de actividad tan continuada como el Sangay, y que de vez en cuando se cubre con masas incandescentes, la parte superior del cono, hasta en el mismo filo del cráter conserve hielo y nieve. La montaña es nevada hasta muy abajo, sin embargo el ventisquero ó glaciario no es visible á causa de la ceniza esparcida sobre él. La temperatura de la superficie del cono aún en la boca del abismo de fuego, es seguro, que no sobrepasa á la de la atmósfera; por lo demás el mismo fenómeno se ha observado en otros volcanes activos. Al contrario es inmediatamente comprensible, que una montaña volcánica, que desde hace muchos años, todos los días eyecta productos eruptivos en forma de ceniza, arena, piedras etc. debe crecer enormemente.

“Las masas, escribe el Doctor A. Stübel, que ha eyectado el Sangay en el transcurso del tiempo, llenan de admiración, cuando viajamos durante muchas leguas por la región en que han sido depositadas, ó las contemplamos desde un punto elevado. La superficie de la meseta, cortada por quiebras y sobre la que se levanta el Sangay, en todas direcciones, pero especialmente hacia el Oeste y Sud-oeste, está cubierta con un yacimiento tan poderoso de ceniza volcánica negra, que no solo oculta á las rocas constitutivas, sino que ha producido en la configuración del suelo una esencial transformación. Arrastrada por el viento, no se ha amontonado aquella ceniza volcá-

nica en una capa de igual espesor, en todas partes; aquí y allí ha levantado montañas de más de 100 metros de altura, las que se arriaman á las paredes del valle. Las corrientes atmosféricas transportan las cenizas á veces hasta Guayaquil y aún hasta el Océano Pacífico, cubriendo así en una región de cerca de 30 leguas alemanas, tanto los campos del alto país, como las plantaciones de las comarcas del litoral."

De todos los volcanes del Ecuador, el Sangay es el más joven. Esto no quiere decir que su existencia date solo de poco tiempo, sino que su formación pertenece al período eruptivo más moderno, relativamente, del Ecuador. Toda la montaña es de formación nueva, y todavía está en tela de juicio, si ella, como los demás volcanes grandes, se levanta sobre los restos de una construcción más antigua y de naturaleza igualmente volcánica. El Doctor Stübel se inclina á considerar como las reliquias de tal construcción más antigua, á una cuchilla de rocas, atravesada por bancos de lava, que se destaca del lado Sur del cono, así como á algunos declivios del pie del mismo; sin embargo las muestras de rocas del Sangay examinadas, poseen todas el tipo de productos volcánicos muy modernos. En todo caso, así como el Sangay, en su aspecto exterior es tan semejante al Cotopaxi, en su estructura interior difiere esencialmente. Aquel es un volcán eminentemente poligeneo, originado por acumulaciones muchas veces repetidas, de materiales flojos, al paso que el Cotopaxi no es sino un pequeño apéndice poligeneo de la compacta construcción antigua. Notables son en el Sangay, las formaciones de tobas, cuando se las compara con las de los otros volcanes en particular, contribuyendo á esto su situación aislada; pero esta comparación no puede sostenerse con el amontonamiento grandioso de las mismas tobas en el país interandino, para el que han cooperado más de 35 bocas de fuego en conjunto.

Este país interandino ó el Alto Ecuador, principiando al Norte con el Chiles hasta el Azuay en el Sur, ó sea aproximadamente 4 grados de latitud está cubierto sin interrupción alguna con una coraza de capas de tobas volcánicas, que en muchos lugares tiene más de 100 metros de espesor, y aún, de 1.000 metros, como en el valle de Guailabamba. En el período eruptivo primario, el acto principal de las erupciones parece haber sido, la emisión tranquila de lavas, prevaleciendo las explosiones de gases en una época posterior, por consiguiente las mayores masas de las capas de toba datarían de esta última. Sin duda alguna estas masas de toba, tomadas en conjunto alcanzan un volumen muchos más grande que el de las rocas de todas las montañas volcánicas y sus corrientes de lava. Para que podamos formarnos una idea clara de la magnitud de las

masas que en el Ecuador, han sido desalojadas desde profundidades inapreciables á la superficie por las fuerzas volcánicas, aduciremos algunas comparaciones sobre algunos de aquellos volcanes, con masas de montañas conocidas aquí en Europa.

Precisamente junto á la ciudad de Quito, capital de la República, queda el Pichincha á 4.800 metros. Si á este le imputamos, en tanto que se levanta desde la planicie de Quito [2.800 metros], una capacidad de 106 kilómetros cúbicos, ciertamente quedaremos muy abajo de la verdad. Pero este volumen es tan grande, que el del Etna, que presenta un macizo de montaña semejante, cabría en él muchas veces. En comparación con la región aún más extensa del Antisana, con todas sus articulaciones, es nuestra Riesengebirge [montaña gigante] alemana, casi un enano, pues aquel, el Antisana, en longitud y ancho equivale á toda la Riesengebirge y la elevada Isergebirge, unidas ambas.

Pueden comprenderse fácilmente las transformaciones que ha debido experimentar el primitivo paisaje con la acumulación de tan poderosas masas eruptivas. Las dos cordillera se levantaron, no por un empuje de abajo, sino por eyecciones de arriba y derrame de masas fluidas, se redondearon de diferente manera sus escalones, y los ocuparon imponentes castillos de piedra; en el callejón, los volcanes interandinos interpusieron gigantescos atravezaños, así la meseta que antes uniformemente recorría por todo el territorio de la República, se descompuso en hoyas más ó menos profundas y más ó menos extensas. Las abruptas formas de las montañas se contornearon y pulimentaron con la toba expulsada; los valles abiertos y de suaves declivios desaparecieron para dar lugar á gargantas y cañones estrechos de paredes escarpadas, el trabajo de las aguas salvajes en la blanda toba. Cada uno de los volcanes en particular participaron en diferente grado de esta transformación que se efectuaba tanto en su figura cuanto en su magnitud, sin orden determinado ni distribución homogénea alguna.

Y sin embargo, estas formaciones volcánicas del Ecuador, tomadas en conjunto no son sino una grandiosa creación moderna. De los gigantescos volcanes aislados, se habría podido esperar aún mucho más. Cuando dividimos el trabajo total por el número de chimeneas de fuego productoras, lo que le toca á cada una de ellas, es suvención muy reducida. Muchos de los volcanes de otras regiones han exhibido mayor grandiosidad en sus efectos, por ejemplo varios de Islandia, de la isla de la Sonda, Japón, etc. El volcán Papandeyang en una noche produjo una masa de 9 kilómetros cúbicos; el Krakatoa, en 1883, una de 17 kilómetros cúbicos; el Temboro en Sumatra, de 1780

metros de altura solamente, eyectó en una erupción de 6 días, 150 á 200 kilómetros cúbicos de masa. Entre el Cotopaxi y el Etna, vemos que el primero, en relación á su altura y circunvalación, ha suministrado en el transcurso de los siglos, una cantidad exigua de productos volcánicos, si la comparamos con la del segundo, el pequeño Etna. ¿Además en qué quedan todas las corrientes de lava conocidas del Ecuador, ante la grande, en en Haway, que mide una longitud de 14 leguas geográficas? ¿En dónde hay, un campo de lava como el de Odà dà Hraum, en el interior de Islandia, que se extiende en una superficie de 110 leguas geográficas cuadradas, y producido solo por dos volcanes, el Herdubreid y Trölladgyn?

Diferente era la actividad eruptiva en cada uno de los volcanes del Ecuador, y resultaría más variada si quisiéramos hacer comparaciones con la de volcanes de otros países. A pesar de esto, la actividad es igual en todos los volcanes, en cuanto se reduce á la exhalación de vapores, emisión de ceniza, arena, escorias, etc. y al derrame de lava. Pero como quiera que sea, ya que la ceniza, arena, lapillis, no son otra cosa que lava en el estado de mayor ó menor división y reducción proveniente de las paredes del canal de salida, los volcanes no suministran en definitiva sino dos productos, vapor de agua y lava; esta es roca, que debajo de los volcanes, está fundida por un calor de cerca de 2.000 grados. Por consiguiente la parte esencial en una erupción volcánica se reduce á un proceso muy sencillo. Y sin embargo, hace ya más de 100 años que los eruditos se consagran con todas sus fuerzas para hacer luz, en el mecanismo ó más bien en las causas de ese proceso, y, todavía están como al principio. Permanece en pie aún la oscura y complicada cuestión, de dónde viene esa lava, de dónde ese vapor, cuales son las fuerzas que abren el camino para que salgan al exterior los mismos, camino que en muchos casos conduce á canales, como en el Cotopaxi, de 6.000 metros de altura y por el que tiene que ascender para derramarse la *columna* de lava. Ahora una centuria se resolvía esta cuestión de la manera más fácil; se explicaba sencillamente, diciendo que todo el interior de la tierra era igneo fluído, y para la formación de vapores, especialmente de agua, allí estaban los mares. Después de que la última habría penetrado por grietas hasta el interior de la tierra, se transformaría en vapor altamente sobre calentado; este desarrollaría tan fuerte presión que rompería á la costra terrestre y permitiría al flujo fundido salir al exterior por el lugar de ruptura. Pero este modo de apreciar las cosas ha encontrado serias dificultades en su aplicación para casos prácticos, y no se ha llegado á concordarlo con las conclusiones que después de un estudio pro-

fundo, se han sacado de la observación de algunos volcanes activos. Algunos admiten en lugar de un foco común de lava, situado á gran profundidad de la costra terrestre, focos independientes intercalados en la misma corteza, y los llaman "nidos de magma" [Magma nester], y hacen llegar el agua hasta ellos por infiltraciones sucesivas, sea de una gran acumulación, de un lago por ejemplo, ó sea de las lluvias caídas en la comarca. Otros piensan que foco de lava y aflujo de agua pueden separarse. Ahora pasa como hecho comprobado, que la corteza terrestre experimenta por variadas fuerzas tangenciales, dirigidas hacia su superficie, dilataciones, al travez de los llamados "empujes horizontales," encontrándose al mismo tiempo varias comarcas en un movimiento ascendente y descendente. Esta dilatación ó empuje conducido sobre ciertos puntos, y sobre todas las líneas de tensión tiene por consecuencia un poderoso y repentino sacudimiento originando así á los *terremotos tectónicos*. Ahora bien, es muy presumible que el trabajo empleado en el empuje, puede efectuar una generación local de calor suficiente no solo para fundir á rocas compactas y producir una especie de lava, sino también para impeler hacia arriba por la grieta de ruptura, á aquella masa fundida. Al mismo tiempo la humedad de la montaña suministraría una cierta cantidad de vapor de agua. También esta explicación para la que se han propuesto diferentes modificaciones, *choea* en serias dificultades, tan pronto como se la quiere aplicar á los fenómenos producidos por los volcanes.

El Doctor A. Stübel conducido por sus estudios de muchos años en los volcanes del Ecuador y Colombia llegó á las siguientes conclusiones:

1) "Que el foco debe estar situado á reducida profundidad, 2) que el objeto esencial de las erupciones es el derrame ó emisión de material igneo fluído, 3) que para la formación de cada montaña en particular, es la emisión de cantidad de magma, completamente determinada, 4) que el foco se ha agotado ó está en vía de agotamiento, 5) que el material de todas las montañas (ecuatorianas y colombianas), de un modo posible, ha debido emanar de un mismo foco y principalmente en un mismo período. Reunidos estos factores establecen la aceptación, que las fuerzas volcánicas, en donde quiera que se esterioresen, no pueden ser otras, que la consecuencia de un proceso de enfriamiento en el interior de una masa fundida, encerrada estrechamente, 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 de las fuerzas volcánicas. (1)

(1) La diversidad de las montañas volcánicas del Ecuador, bajo el punto de vis-

Para este aumento de volumen en la solidificación de la lava igneo fluída, se funda Stübel en hechos experimentales, así como para la limitación de los focos de ella. Cree que en tiempos remotísimos se sucedieron emisiones de lava del interior hacia la superficie, emisiones muy abundantes que, quedándose ó más bien, localizándose entre las capas terrestres podrían determinar tales focos. Una gran parte de estos estarían aún en el estado de fundición y prosiguiéndose el proceso de solidificación, se dilatarían permanentemente, desarrollando una fuerza de presión, suficiente, no solo para abrir un canal de derrame para la masa fundida comprimida, sino para impelerla también hasta la superficie. En primer análisis, estas ideas son irrecusables, y siendo las de un conocedor tan eximio de los volcanes, no solo de Sud-América, sino los de otras regiones, hay que atribuirles gran peso. Además ha tratado de apoyarlas en fundamentos muy sólidos. Pero el mismo Stübel en el curso de su disertación, dá á conocer suficientemente, que la cuestión "volcanes," dista mucho de estar definitivamente resuelta. Por nuestra parte creemos que pueden aducirse fundadas objeciones para la quinta conclusión. Lo concerniente á un aumento de volumen del magma solidificado, sobre el que resultaría una enérgica presión, es innegable que puede suministrar un importante principio para la explicación del volcanismo, y ya fué aducido con este fin en 1884, por Hornstein. Pero es fácil no comprobar suficientemente ese aumento de volumen, pues las modernísimas investigaciones (1901) de C. Doelter ponen en tela de juicio su existencia. Además, nos parece que al desarrollo de vapores, que antiguamente se le dió tan inmoderado valor, el Doctor Stübel lo aprecia muy por lo bajo, así como, finalmente no ha estimado bastante el influjo que pueden tener las activas y continuadas fuerzas tectónicas en el interior de la tierra.

En el proceso de las erupciones actuales, la exhalación de vapores desempeña un papel muy importante. En las del Pelée y del Soufrière el año pasado, consistieron exclusivamente en explosiones de vapor. (1) El preludio de la actividad en el Cotopaxi y el Tunguragua es siempre la presencia de columnas de vapor y humo, que se levantan del cráter, días antes de la erup-

ta genético por el Doctor A. Stübel. Traducción del alemán por A. N. M. [V. el N^o 130 de los Anales de la Universidad Central, Tomo XVIII pág. 255].

(1) El Doctor Stübel opina que la emisión de lava del Pelée, en mayo del año pasado, fué submarina. Esta presunción está fundada en argumentos irrefutables.

ción, acompañan á ésta con deyecciones de ceniza, durante la emisión de lava y subsisten semanas y aún meses enteros después de ella. Inmensas cantidades de vapor de agua se escapan de la lava en su derrame y del lugar en donde se deposita. Cuando la actividad de los volcanes ha cesado, descárganse por las solfataras, que son las últimas respiraciones del volcán agonizante, así mismo cantidades fabulosas de vapor de agua, y eso, por decenios. De esto pudimos convencernos cuando nuestra visita al cráter del Pichincha, y cuya última erupción había acaecido en 1660. De las catorce aberturas ó bocas, en el suelo y en las paredes del cráter, salen sin interrupción alguna, vapores humeantes, unas veces tranquila y uniformemente, otras percusiente y atorbellinados, produciendo un sonido silvante, comparable con el pito de alarma de una locomotora cuando se abre la válvula de seguridad. Si nos fijamos en la cantidad de agua que consume en un día de trabajo, la caldera de una locomotora, podemos calcular lo enorme de la que expelen las fumarolas del cráter del Pichincha.

No creemos que la fuerza expansiva del vapor de agua, sea la primera impulsante en las erupciones volcánicas; pero sí, la que además de cooperar para la subida de la lava, expulsa la ceniza, arena y bombas. El agua no existe en el foco volcánico en estado de vapor, sino en forma de disolvente. Sabemos ahora que fuerte presión y alta temperatura, aumentan ilimitadamente la capacidad disolvente del agua y que bajo grandes presiones y muy elevada temperatura, poquísima agua es suficiente para disolver grandes cantidades de materia sólida. Seguramente desciende agua al travez de las capas terrestres hasta el foco de lava, en donde no faltan, por consiguiente, ni la presión ni la temperatura necesarias, se incorpora con el magma igneo-fluido y lo disuelve. F. Guthrie, supone aún, que el agua podría penetrar hasta el centro de la tierra. Se desprende este magma mezclado con agua en un punto de su presión, aquella se desliga en forma de vesículas, ocurriendo algo semejante como cuando se descorcha una botella de Champagne. Posea la lava la fluidez del Champagne, y sea el receptáculo que la contiene, construído tan sencillamente como el interior de una botella, se verían saltar con violencia en las erupciones volcánicas, primero una parte de la lava en forma de ceniza, arena, lapillis y bombas juntamente con las masas de vapores desligadas de ella, y luego inmediatamente la otra parte de la masa hinchada por las vesículas restantes, en forma de corriente derramándose por los bordes del cráter. Si se toma en consideración la viscosidad de toda lava fluída, así como la circunstancia conveniente al cálculo, que el canal ó canales, por los que sube, pueden estar irregularmen-



Si ligamos á los temblores con las erupciones volcánicas, no afirmamos que exista una conexión necesaria é inmediata entre los dos fenómenos. Ambos dependen en verdad, de la acción de las fuerzas tectónicas en la corteza terrestre. Hay posibilidad que en una comarca en que sucedan movimientos sísmicos, puedan acaecer también erupciones volcánicas, por existir en la misma, un foco subterráneo de lava. Pero por lo comun se ha notado, que en las regiones frecuentemente visitadas por los seísmos, las erupciones volcánicas son muy raras y vice-versa. Entre todas las erupciones históricas comprobadas del Cotopaxi, solo la formidable de 1768, fué acompañada de un terremoto. Pero en las mismas se ha notado como ya lo hemos dicho, que bien sea antes ó al mismo tiempo, se oyen espantosos ruidos subterráneos, á muchas leguas del volcán, mientras que en su pie no se dejan oír. Pero estos ruidos subterráneos requieren movimiento en la corteza terrestre, acción de fuerzas tectónicas; por consiguiente sería efectiva la acción de estos últimos en las erupciones volcánicas aunque no vayan acompañadas de terremotos.

En el Japón, el país clásico del volcanismo y de los terremotos, se da á conocer con toda claridad, la débil conexión que hay entre estas dos manifestaciones de fuerza de la tierra. En los últimos tiempos se han erigido en ese país, 26 observatorios seismológicos, entre los que el más antiguo, cuenta 27 años. En ellos se han registrado 18 279 conmociones, y en Tokio, desde hace 24 años, 2.173. Casi todas fueron movimientos tectónicos. Raros han sido los casos, en que estas conmociones, coincidan con erupciones volcánicas, y en este último caso no fueron violentas. En la memorable erupción del Bandai-San (1888), el movimiento de tierra fué tan suave, que ninguna de las casas del pie del volcán se destruyó, y el círculo de movimiento se extendió solo á 5000 kilómetros cuadrados, mientras que el terremoto de Mino-Owari, que no tuvo relación con erupción volcánica alguna, se dilató cincuenta veces más. El Japón está situado en el borde de la gran línea de ruptura, que separa al continente Asiático de la depresión de Tuscarora. Si aquí exactamente son los volcanes tan frecuentes, depende del hecho principal, de que el equilibrio en la corteza terrestre está más restaurado por líneas tectónicas de ruptura, que atraviezan la región.

Como una poderosa causa, que puede predominar en el ingreso y conservación de una erupción volcánica, debemos considerar finalmente, la presión ejercida por las pesadas capas terrestres sobre el foco. Debe desempeñar un gran papel en aquellas erupciones, como las del Kilauea, en que se derraman con toda tranquilidad monstruosas masas de lava, sin desarrollo apreciable

de vapores, así como en las que afluyen, también tranquilamente de largas grietas abiertas en el suelo de la tierra. Tales emisiones por grietas, son muy frecuentes en la Islandia, (1) y en épocas prehistóricas en Norte-América, en la vasta región de la hoya Ranges al oeste de la meseta del Colorado. En la época terciaria determinan un género muy frecuente de actividad eruptiva.



(1) Aquí en el Ecuador no faltan ejemplos de tales derrames, entre otros mencionamos como uno de los más instructivos a la "Reventazón de Antisanilla."