

Por el Profesor de Geología de la Universidad
Central, _____
Sr. Dn. Augusto N. Martínez. _____

X Contribuciones para el co-
nocimiento Geológico de la
región volcánica del Ecu-
dor. _____



ÁREA HISTÓRICA
DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL

EL COTOPAXI Y LAS MONTAÑAS VOLCANICAS QUE
LE RODEAN: PASOCHOA, RUMIÑAHUY, SINCHOLAGUA,
Y QUILINDAÑA. _____

_____ (Continuación)

EL COTOPAXI

Sobre la ALTURA DE LA COLUMNA DE CENIZAS Y VAPORES, hay una serie de cálculos, todos fundados en la comparación de la altura de dichas columnas de vapores, expulsados por el cráter con la de porciones conocidas de la montaña. Así, La Condamine, que para la erupción del año de 1744, la altura de la columna de FUEGO, debe calcularse, en general, tan alta como la parte cubierta de nieve del cono; el Marqués de Maenza, obtuvo el mismo cálculo, desde la hacienda de la Ciénega, 23 kilómetros distante del Cotopaxi. Ahora, según las medidas de los Académicos Franceses, la masa de nieve visible, tiene una altura de 500 toesas (974 metros); La Condamine, reduce al tercio la altura calculada y acepta que la columna de fuego, se levantó 300 toesas (585 metros), sobre el filo del cráter.

Según los cálculos del P. Cáceres, ya mencionado (1), alcanzó la columna de cenizas y vapores, el 25 de junio de 1877, a la una, quince minutos, tres veces la altura del Cotopaxi. Ahora según el P. Sodiro, queda Olalla (2), el domicilio del P. Cáceres a cerca de 9 leguas (de 45-50 kilómetros), al norte del Cotopaxi; juzgando que la altura de Olalla, sea de unos 2.600 metros, de modo que, la altura del Cotopaxi, sobre aquel lugar, importa 3.300 metros y según este cálculo, la columna de cenizas, habría tenido 9.900 metros sobre el cono Cotopaxi. Evidentemente, son apreciaciones arbitrarias, ya que ignoramos lo que el P. Cáceres entiende bajo la denominación «altura del Cotopaxi»; si como aquí se supone, la distinción total de altura, entre el lugar de observación o solamente, el cono propiamente dicho. Así, el P. Sodiro, da la altura encontrada de 8.000 metros, con un punto de interrogación de duda.

(1) L. Sodiro: Relación, p. 8 Nota.

(2) Sobre la posición de Olalla, v: Whymper, Travels, p. 291.

En cálculos de esta clase, el observador está expuesto a varios errores; el cálculo es tanto más difícil, cuanto el lugar de observación queda más cerca del volcán, pues no estamos acostumbrados a comprender con absoluta precisión, grandes ángulos de altura; y también, se presenta el error de que el borde más próximo de la nube de cenizas se antepone, alargándose así la línea visual obtenida perpendicularmente a la cúspide del volcán.

Sin estas causas de error, existe un cálculo llevado a término por Whymper, con la ventaja que este observador se encontraba a muy notable altura. Durante su segunda ascensión al Chimborazo, el 3 de julio de 1880 y con un tiempo excepcionalmente despejado, se verificó una erupción del Cotopaxi, que el viajero pudo seguirla perfectamente en todo su desarrollo, en parte desde las faldas, en parte desde la cúspide de aquella montaña (el Chimborazo, 6.276 m.).

De la cima del Cotopaxi se levantó perpendicularmente una negra columna de cenizas, hasta una gran altura, columna que en ésta se inclinó formando ángulo recto, a causa del viento nordeste. La nube se difundió más y más, cubriendo con cenizas a toda la región que queda abajo. A las 5,46 de la mañana principió la erupción, y al medio día llegaba la nube de cenizas al zenit del trepador del Chimborazo. Whymper calcula la altura de la columna de vapores y cenizas, sobre el filo del cráter, en el doble de altura del Cotopaxi, por consiguiente, 20.000 pies (6.096 metros). Por tanto, la columna de cenizas tuvo una altura absoluta de 12.000 metros. El ascenso fue rápido, tanto que según la impresión de Whymper, alcanzó aquella altura sólo en pocos segundos, pero, seguramente, en menos de un minuto. (1).

Esta altura de la columna de cenizas corresponde, sin tomar en consideración a la de la erupción del Krakatoa, a las observaciones hechas en otros volcanes. Como por ejemplo, es oportuno aducir aquí la altura de una columna de cenizas medida trigonométricamente por el Dr. W. Reiss, en una pequeña erupción del Galera, cerca de Pasto: la altura sobre el cráter importó, en números redondos, 4.000 metros, por consiguiente, la altura absoluta, casi de 8.000 metros.

(1) E. Whymper: Travels, p. 322, con una representación gráfica esquemática de la columna de cenizas, p. 323.

En las grandes y violentas erupciones, las cenizas y vapores deben alcanzar elevaciones mucho más considerables, de modo que se explica con facilidad su enorme difusión, por las corrientes atmosféricas en las capas superiores de la misma. Desgraciadamente, carecemos de datos suficientes para calcular, siquiera de un modo aproximado, la cantidad de cenizas proveniente de una erupción.

Las DETONACIONES que acompañan a las erupciones se caracterizan con tronidos comparables a las salvas de fusilería o a ruidos sordos. Según La Condamine (1), los tronidos de la erupción del 30 de noviembre de 1744, se oyeron en Ibarra (120 kilómetros), en Pasto (cerca de 240 kilómetros) y aun en La Plata (cerca de 480 kilómetros) al norte de la montaña; hacia el sur, hasta Guayaquil (230 kilómetros) y hasta Piura (cerca de 600 kilómetros), mientras que en Quito, muy próximo a la montaña, no se oyeron las explosiones; cosa semejante se cuenta de las otras grandes erupciones del siglo XVIII. Del mismo modo, cuando la erupción del año de 1877, se oyeron las detonaciones del volcán en Guayaquil y Cuenca, mientras que en Latacunga no lo fueron. (2)

Este fenómeno peculiar de que no se oyen las explosiones en las lugares cercanos a la montaña, mientras que se repercuten en los distantes, ha originado varias hipótesis. La Condamine aduce como argumento para la extensa propagación hacia el sur, el viento predominante nordeste, en ese entonces y cree que las ondas sonoras no pudieron llegar a Quito, a causa de la colina llamada Panecillo, que sería una especie de pantalla protectora contra esa propagación.

De esto se concluye que La Condamine aceptaba una propagación de las ondas sonoras por la atmósfera. También A. v. Humboldt parece haber adoptado esta opinión (3), a lo menos al mencionar los tronidos del volcán, oídos por él en Guayaquil (4 de enero de 1803), no habla de bramidos subterráneos, sino expresamente de commociones de vidrios de las

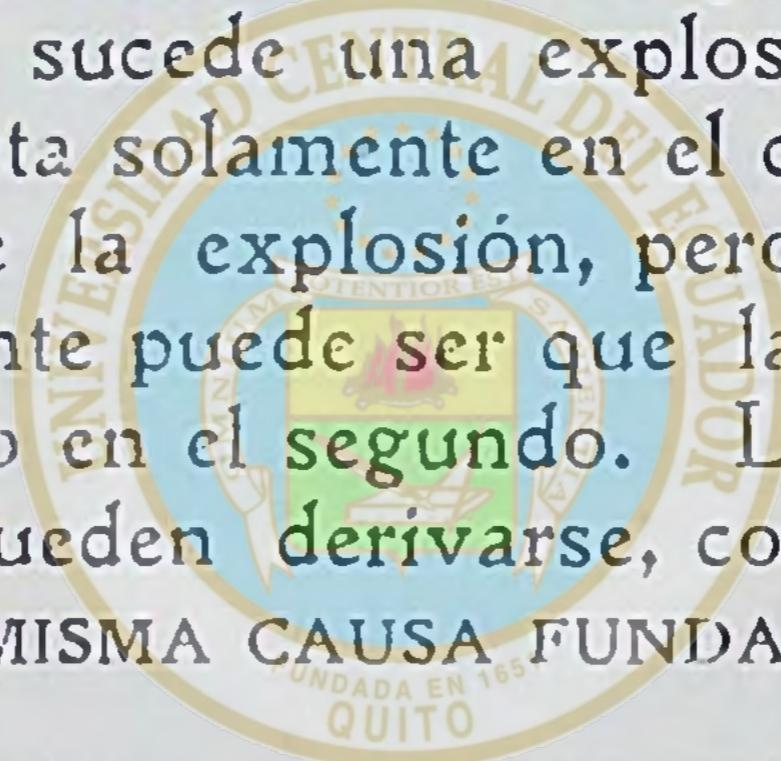
(1) *Journal du Voyage*, p. 158.

(2) Th. Wolf: *Memoria*, p. 19; N Jahrb. für Mineral, 1878, p. 130.

(3) A. v. Humboldt: *Kosmos*, IV, p. 575; *Cosmos*, edit. castellana, IV p. 541.

ventanas. En cambio, Sodiro (1), Wolf (2), Kolberg (3), Stübel (4), piensan que el sitio de las explosiones debe buscarse en la profundidad desconocida del magma igneo - fluido.

El Dr. Th. Wolf trata de explicar este fenómeno, del modo siguiente: «.....Si suponemos con la mayoría de los geólogos, que el volcanismo tiene por causa y foco la masa total del interior fluido - igneo del globo y no un reservatorio limitado para cada volcán (5), podemos explicar aquel fenómeno diciendo: que al tiempo de la mayor tensión de las fuerzas volcánicas, se verifican explosiones de gases y detonaciones en diferentes lugares del foco general y aun en distancias tan considerables del canal de erupción. que las ondulaciones sonoras no pueden ser percibidas sobre el volcán mismo, aunque muy bien sobre otras partes de la costra terrestre, que se hallan más cercanas al punto de la explosión. Cuando, por ejemplo, sucede una explosión debajo de Guayaquil, esta ciudad dista solamente en el caso presupuesto, 20 leguas (6) del punto de la explosión, pero el Cotopaxi al menos 53 leguas: fácilmente puede ser que la detonación se oiga en el primer lugar y no en el segundo. La erupción volcánica y las detonaciones pueden derivarse, como fenómenos contemporáneos, DE UNA MISMA CAUSA FUNDAMENTAL: pero no es



ÁREA HISTÓRICA
DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL

(1) L. Sodiro: Relación, p. 32.

(2) Th. Wolf Memoria, p. 19.

(3) J. Kolberg: Nach Ecuador, 3 Aufl, 1885, p. 506 - 514.

(4) A. Stübel: Vulkanberge, p. 496.

(5) Este concepto del núcleo igneo-fluido del interior del globo, tan en boga en el campo de las doctrinas geológicas hasta hace pocos años, ha desaparecido casi por completo, ante la fuerza de las investigaciones geofísicas más recientes, que demuestran que la masa interna, cualquiera que sea su estado, se comporta como una sustancia rígida. Según autores muy recientes, entre ellos E. Wiechert, la coraza sólida rocosa tendría un espesor de 100 km.; a ésta le seguiría una segunda zona, LA ZONA MAGMATICA, de potencia imposible de apreciar, formada de masa plástica, en estado de fusión, pero dotada de gran viscosidad; el resto, o sea EL NUCLEO, de diámetro igual a $\frac{3}{4}$ o $\frac{4}{5}$ del diámetro terrestre, probablemente a causa de su composición y de la altísima presión (algunos millones de atmósferas en el centro), sería, contra lo que se ha afirmado hasta ahora, y a pesar de la alta temperatura, RIGIDA COMO EL ACERO. Nota de A. N. M.

(6) 15 leguas geográficas o 20 ordinarias es el espesor, que comúnmente se dá a la costra sólida del globo terrestre, debajo de la cual se sigue el llamado «fuego central». Nota del Dr. Th. W.

admisible nos imaginemos ambos fenómenos enlazados de tal manera que el uno sea la causa directa o el efecto del otro (1). Naturalmente, se refiere este ensayo de una explicación tan sólo a los casos en que durante una erupción el ruido subterráneo en grandes distancias del volcán se oye distintamente, mientras que en su cercanía no se lo percibe, y no quiero negar que semejantes explosiones y detonaciones sucedan también en el canal de la erupción y en íntima conexión causal con ella. (2)

Acerca de este particular el Dr. Reiss, dice: Durante mi permanencia en Quito, cuando el Cotopaxi, por semanas enteras estaba envuelto en nubes, llegaban ocasionalmente noticias de Guayaquil, de que se habían oido allá las explosiones de una erupción volcánica, añadiendo la pregunta, si el volcán había vuelto a una nueva actividad. En Quito, nada se había oido, pero tampoco no debe llamar la atención tal fenómeno, por cuanto se puede atribuir al Sangay que permanece en actividad, y cuyas explosiones pueden igualmente oirse tan bien como las del Cotopaxi en Guayaquil.

Añade el Dr. Reiss: No pretendo negar ni no negar la posibilidad de los ruidos subterráneos, pero me parece que el mayor número de los bramidos que se oyen aquí, se propagan por el aire y no subterráneamente. Aun en los terremotos, que van acompañados frecuentemente de tronidos subterráneos, hay la impresión de que el origen del sonido se exterioriza por el movimiento ocasionado por el terremoto al encontrar oposición en la superficie de la tierra. Esta desempeñaría el papel de la última bola de billar, en el conocido experimento físico; su última parte, o sean las casas, las piedras, las rocas, los árboles chocan entre sí; son incontables los ruidos pequeños que reuniéndose ocasionan tronidos. Esta impresión la sintió el Dr. Reiss en un temblor nocturno en medio de la selva virgen de los declivios de la Cordillera occidental que caen hacia el Pacífico.

Así como en la detonación de una arma de fuego, el sonido en la boca del cañón, por consiguiente, en el sitio que

(1) Una opinión semejante, que en el fondo coincide con la misma, manifiesta el Padre Sodiro en su opúsculo citado. Nota del Dr. Th. W.

(2) Th. Wolf: Memoria, p, 19.

se verifica y en la que los gases, hasta entonces comprimidos, se difunden repentinamente y commueven con violento empuje al aire circundante, así se efectúan también en los volcanes las detonaciones, en la boca de la chimenea, en la terminación superior de la columna de lava, por tanto, en el punto de erupción y en el caso aquí aducido del Cotopaxi, en el cráter de su cúspide. Desde allí las ondas sonoras se reparten en todas direcciones y la distancia hasta donde llegan, depende del estado de la atmósfera, de la dirección del viento, etc., que encuentran en su camino. Bajo condiciones normales el sonido debe emplear en el trayecto del Cotopaxi hasta Guayaquil de 10 a 12 minutos.

El Cotopaxi con una altura absoluta, en números redondos, de 6.000 metros, se levanta 2.000 metros sobre la cresta de la Cordillera oriental. En sus pies oeste y norte, se extienden las hoyas interandinas de Latacunga y Quito, las que se cierran, por otra parte, hacia el oeste, por la Cordillera occidental, de cerca de 4.000 metros de altura. Déjese sin tomar en cuenta a los conos volcánicos, sentados en ambas cordilleras, podemos considerar a estas hoyas interandinas como un canal limitado por montañas rápidas de 1.500 a 2.000 metros de altura y que, de cresta a cresta de las montañas limitantes, tiene cerca de 25 kilómetros de ancho. Por otro lado, es un hecho suficientemente conocido por el vulgo, que es más fácil, desde la altura de una torre, sobre el conjunto de casas que le rodean, gritar o hacer un ruido como señal, hacia otra torre, que al pie de la misma a aquella, y todos los alpinistas, no ignoran que pueden hacerse oír mejor desde un alto talud, al otro de un profundo valle, sin que se perciba el sonido en el fondo de este último. Difícilmente penetran las ondas sonoras provenientes de las partes tenues de la atmósfera a las capas más espesas y profundas de las mismas; se verifican desviaciones y debilitamientos que pueden acarrear la total reflexión y completa disolución.

Con pocas modificaciones, así también son las condiciones que existen en el Cotopaxi, junto a las cuales, se debe tomar en cuenta, las peculiares producidas por los vientos dominantes. El viento oriental predomina constantemente y a él se limitan estas consideraciones; de la región baja del Amazonas suben los vientos del este, pasan con gran violencia sobre la cresta de la Cordillera oriental, recorren el espacio interandino que se extiende de norte a sur, entre las Cordi-



Foto de Hans Meyer.

El lado Sudoeste del COTOPAXI.
Desde el Páramo de León, a 10 km. de distancia.

lleras oriental y occidental, sin que sufran esencialmente las capas de aire que existen en estas hoyas. Por consiguiente, quedan dos masas de aire, una sobre otra, diferentes completamente en sus propiedades; la más baja, la tranquila, la capa estancada entre las dos Cordilleras; encima, la corriente de viento que se mueve con inaudita velocidad, en dirección occidental. Que esto es así, se observa con toda claridad, en el tiempo llamado verano; entonces bajo el influjo del viento oriental se forma un manto de nubes sobre la cresta de la Cordillera oriental. La humedad que se condensa allí se disuelve tan pronto como las capas de nubes tratan de penetrar a la hoy a calentada por el sol ardiente. Es el mismo fenómeno que tan frecuentemente se observa en las islas Canarias, cuando sobre un lado de la montaña, la humedad en forma de niebla y nubes se precipita, al paso que en el otro lado predomina la mayor sequía y un cielo azul sonríe al paisaje, defendido por la cresta de la montaña.

También en nuestro país, la alta meseta habitada se alegra en el verano, así como la Cordillera occidental, con el tiempo más hermoso por su claridad; pero mientras que en la hoy a interandina, las capas atmosféricas se hallan tranquilas, soplan furiosos vientos de tempestad en las partes más altas de la Cordillera occidental. De tiempo en tiempo, el viento arranca grandes paquetes de niebla de los bancos de nubes que están tendidos en la cresta de la Cordillera oriental, los conduce muy alto sobre las hoyas interandinas, que separan a las dos Cordilleras, hacia la cresta de la occidental, en donde se disuelven en lluvia fina, llamada «paramito». Ya aisladas, ya en gran número, al mismo tiempo, ya en series, unas tras otras, van porciones de nubes, derramando una lluvia fina en dirección oeste, y de una Cordillera a la otra, todas casi precisamente a la misma altura, con su terminación inferior, el límite entre las dos capas de aire, la estancada y la que se mueve.

La existencia de dos capas de aire diferentes en su calefacción y movimiento, ofrecen dificultad para la penetración del sonido, desde las regiones más altas a las más pesadas y más tranquilas masas de aire y, por tanto, las condiciones favorables para la reflexión total y disolución de las ondas sonoras. Y todavía es más notable este caso, cuando como se ha observado a menudo, se despliega de cordillera a cordillera una capa de nubes compactas. Entonces las hoyas interandinas,

por semanas enteras, se transforman en gigantescos túneles, cuya bóveda está formada de capas uniformes de nubes grises. Sobre esta cubierta de nubes se levantan las cimas más altas de la Cordillera y entre ellas, también el Cotopaxi, en el ether azul no empañado por nubecilla alguna. (1)

Que bajo tales condiciones las ondas sonoras de las explosiones, efectuadas en la cúspide de 6.000 metros de altura, accidentalmente pueden llegar a grandes distancias, pero, a causa de la total reflexión y extinción, no a los lugares más próximos, le parece al Dr. Reiss, la explicación más natural y sencilla del fenómeno, en la apariencia tan maravillosa.

Rara vez, solamente, se han mencionado TERREMOTOS, que hayan acompañado a las erupciones del Cotopaxi; así, por ejemplo, en la del año de 1768, pero jamás han ejercido una acción destructora, y más bien parece que en la mayoría de ellas (de las erupciones), faltan en absoluto.

En la descripción del cráter, ya se ha hablado de las FUMAROLAS, GASES Y VAPORES, que se desprenden del volcán. Nos contentaremos con decir que en el año de 1872, el Dr. Reiss observó, en una época de relativa tranquilidad, desprendimientos de ácido sulfuroso, ácido sulfídrico y vapor de agua, y que, dos meses y medio después de la erupción del año de 1877, subían del cráter, <sup>FUNDADA EN 1851
DEL CENTRO DE INFORMACIÓN INTEGRAL</sup> inmensas cantidades de ácido clorhídrico en estado de vapor; las cenizas que en ese entonces, cayeron en Guayaquil contenían también huellas del mismo ácido, (2) y mientras tanto los ácidos sulfuroso y sulfídrico, se desprendían sólo, en pequeñas cantidades y en las partes más bajas de los declivios (Wolf). Ya en 1878, las exhalaciones de ácido clorhídrico, habían desaparecido, presentándose en su lugar, las del ácido sulfuroso (v. Thielmann).

En las erupciones de 1743 y 1744, se observaron ya CORRIENTES DE LAVA, a las que se les llamó CORRIENTES DE FUEGO. La Condamine dice: «Se vió a las cataratas de fuego, abrirse nuevos caminos, como si rasgaran los flancos de la

(1) Un mar de nubes, como el que acabamos de describir, visto de su parte superior, trató de representar gráficamente, el Dr. Stübel, en la Fig. 46, p. 71 de «Skizzen aus Ecuador».

(2) Th. Wolf: N. Jahrb. für Mineral. 1878, p. 142.

montaña» (1), y más adelante, «como que en sus hendiduras laterales (des espéces de soupiraux), se abrían, y de las que, se vió derramarse en corrientes, masas incandescentes y fundidas que, en su naturaleza, se parecen a las lavas del Vesuvio.

Velasco, (2) menciona que en la erupción de 1743, se había visto por mil grietas y aberturas en toda la montaña, al mar interior de llamas, una relación que el Dr. Th. Wolf, atribuye a las corrientes de lava igneo-fluïdas. También las cañones o canales que se verificaron en la erupción de 1744, mencionadas por aquel autor (Velasco) y que permanecieron por muchos años sin cubrirse de hielo y nieve, debían atribuirse, así mismo, según el Dr. Wolf, a corrientes de lava, cuyo calor interior se mantuvo por largo tiempo. Fueron también corrientes de lava, las de la erupción de 1853, y sobre las cuales, se opinó falsamente, teniendo el Dr. Reiss, que rectificar esa opinión falsa. (3)

Antes de tratar circunstancialmente sobre la emisión de lava de 1877, debemos, como complemento, aducir que nos fue dado observar la emisión de una corriente de lava, durante el dia, en la erupción del 23 de agosto de 1878. (4)

Que en los tiempos modernos se han sucedido en el Cotopaxi, verdaderas corrientes de lava, de gran extensión y potencia, no hay duda alguna; y así lo comprobó el Dr. Reiss, en sus investigaciones de las faldas de la montaña, en 1872. Pero, si habría podido subsistir alguna duda al respecto, desaparecería con las observaciones posteriores del Dr. Th. Wolf, que demuestran la verdadera naturaleza de estas corrientes, puestas al descubierto por las nuevas corrientes de lava del año de 1877, naturaleza que consiste en Andesitas granulares de fragmentación columnar. Ahora, habría sido de esperar que aquella erupción de 1877, la única que estuvo sometida a investigaciones científicas, nos habría enseñado el origen y el curso de una genuina corriente de lava; pero desgraciadamen-

(1) Journal du Voyage, p. 157. - cit. en v. Humboldt: Kosmos, IV, p. 571.

(2) Véase, Th. Wolf: N. Jahrb. für Mineral., 1875, p. 569, 571, 573.

(3) Karsten: I. c. - Villavicencio, en su Geografía del Ecuador, p. 48, le asigna erroneamente a esta erupción, el año 1855.

(4) Augusto N. Martínez: Ausbruch des Cotopaxi, 23 August 1878, N. Jahrb. für Mineral., Geol. und. Pal. 1879, p. 57-58.

te no fue este el caso, por haberse presentado el fenómeno de la lava, de una manera no acostumbrada, y de allí que su estudio merezca una consideración especial.

El 26 de junio del año citado, hacia las 10 de la mañana, se verificó la erupción principal; el lado suroeste de la montaña y su cúspide, estaban sin nubes, y completamente despejados, tanto que en Mulaló y Cusi-huango, hubo muchas personas, testigos de la erupción. «Vivamente me contaban», dice el Dr. Wolf, «el terrible aspecto de la montaña, como entró repentinamente en ebullición y que una MASA NEGRA HUMEANTE, arrojando vapor, se derramó por todas las partes del filo del cráter..... Muchos usaron en su narración la pintoresca comparación, con la hervida repentina de una OLLA DE ARROZ Entonces se cubrió el cerro de nubes». (1)

Afirma el Dr. Wolf, que en esta erupción, no se dejó oír detonación alguna y dice: «Los ruidos subterráneos se oyeron muy claramente, a grandes distancias del Cotopaxi, pero que, en los alrededores más próximos apenas fueron notados».

(2) Pero, el P. Sodiro, afirma todo lo contrario, según él: «cerca de las 10 se oyeron unos estampidos imponentes, pero sordos, que imitaban lejanas descargas de artillería», y cuando la erupción de lava «un estruendo prolongado y continuo». (3)

Hay que tomar en cuenta, que ninguno de los dos estuvo presente en los lugares de la erupción misma; el P. Sodiro estuvo en los sitios y lugares, 12 días después y el Dr. Wolf, dos y medio meses, más tarde de élla. Según ambos narradores, inmediatamente después de la emisión de la lava, se precipitó la corriente de lodo, por los flancos de la montaña.

Del testimonio de los testigos oculares y de las observaciones hechas en la montaña misma, cree el Dr. Wolf, que se debía concluir el borbotamiento de la lava ígneo-fluida, sobre el filo del cráter del Cotopaxi, mientras que el P. Sodiro, opina una grandiosa erupción de lava, que sólo revazó poco, el filo del cráter.

Estas descripciones recuerdan al Dr. Reiss, las circunstancias que se presentaron en una erupción del GEORG, en

(1) Th. Wolf: N. Jahrb. für Mineral, 1878, p. 131.

(2) Th. Wolf: N. Jahrb. für Mineral, 1878, p. 129.

(3) L. Sodiro: Relación, p. 7.

Santorin (1866), en la que, igualmente, con un ruido sordo, repentinamente la cubierta total de la masa de lava central, se levantó hacia arriba, con grandes partículas de lava arrancadas y rodaron por los declivios de aquella tumefacción de lava. El P. Sodiro aduce, para apoyar su opinión, entre otros hechos, «que una lava sobrefundida, debía haber descendido más por el lado sur que por el lado norte, allí, donde el filo del cráter es más bajo, mientras que, con todo, era el caso contrario; esto se explica, porque no hubo emisión alguna de lava, porque los trozos caídos aisladamente, no podían formar un cuerpo continuo, y el agua producida al rededor y bajo de cada uno, por el rápido derritimiento de la nieve, debía hacerlos rodar por los empinados declivios del cono, y regarlos en los llanos de las faldas de donde fueron después, arrebatados por la avenida». (1)

Correspondiendo enteramente en esto, el Dr. Wolf dice: «Todo el material, se separaba al precipitarse por las faldas del volcán, en trozos aislados, y éstos, no muy grandes, pues por lo regular, no tienen más que un metro de diámetro. Los trozos tienen formas redondeadas, escoriáceos y en todo su contorno, están cubiertos de una delgada costra vidriosa, como de un varniz; otras tantas señales de que no se separaron cuando la lava ya estaba consolidada, sino en el estado de perfecta liquidez, en forma de masas igneo-fluidas, que al desgalgarse y sobre todo al contacto de la nieve o del agua, se enfriaron muy pronto en su superficie. Los trozos aislados de lava, muchas veces tienen una forma aplastada, como si hubieran caído del aire sobre el cerro». (2)..... «En todo el circuito del cerro del Cotopaxi, que se halla sobre el límite de las nieves perpetuas, se han amontonado enormes masas de tales fragmentos de lava; todo el cono de erupción, está cubierto de ellos y un poco más abajo, se encuentran extensos campos de lava, que hemos cruzado algunos en nuestra ascensión. Las mayores acumulaciones en esas altas regiones, se hallan sobre la cúspide noroeste y sobre un filo que baja de la cúspide suroeste, además, en las profundas calles surcadas en el hielo; sin embargo, debo afirmar que la mayor parte del

(1) L. Sodiro: Relación, p. 26.

(2) Th. Wolf: Memoria, p. 42; N; Jahrb. für Mineral, 1878, p. 159, 160.

material igneo-fluido, llegó abajo de las nieves perpetuas, sea por el empuje de su propio peso, en las laderas empinadas, sea con la ayuda de las aguas». (1)

De las anteriores descripciones, el Dr. Reiss deduce claramente, que en la erupción del Cotopaxi del año 1877, no hubo corrientes de lava, en el verdadero sentido de estas palabras, sino, más bien, la acumulación de bloques sueltos, que fueron expelidos como fragmentos de lava igneo-fundida, aislados e independientes, ujos de otros, que rodaron por las faldas de la montaña, o fueron acarreados por las masas de hielo y agua, reuniéndose entonces, en grandes conjuntos, cuando las partes externas de dichos fragmentos, se hubieron enfriado y solidificado.

Un amontonamiento de bloques sueltos y éstos, de consistencia de piedra pómex, puede ser lo más grande que sea, jamás y en manera alguna, se considerará como una corriente de lava, pues, para que sea una de éstas se requiere, que la masa de roca fundida, a lo menos en el interior de la eyeción, fluya conexionada, aunque la parte exterior, aparentemente, conste de bloques sueltos; o como la definición de A. v. Humboldt: «El carácter esencial de una corriente de lava, es la de una en forma de cinta, de fluidez regular y conexionada, que por enfriamiento y solidificación, forma una costra en la superficie».

La erupción del Cotopaxi del 26 de junio de 1877, no produjo corriente de lava alguna; los fragmentos de lava incandescentes arrojados, quedaron diseminados en los declivios de la montaña, o después de que su superficie se hubo enfriado, se acumularon en pequeños o grandes conjuntos, que, por ejemplo, en Manzana-huaico, forman colinas de 20 a 30 metros de alto y ancho monstruoso. (2)

La posibilidad de que productos eruptivos emanados del cráter y después arrastrados por las aguas de la nieve fundida, puedan reunirse en acumulaciones semejantes a corrientes de lava, fue reconocida por A. v. Humboldt, al hablar de la reventazón de Minas; en efecto dice: «Esos pedazos, ya

(1) Th. Wolf: Memoria, p. 43; N. Jahrb. für Mineral, 1878, p. 161.

(2) Th. Wolf: Memoria, p. 43; N. Jahrb. für Mineral, 1878, p. 161.

angulosos, ya redondeados, rara vez escamosos, como los del Antizana y de un diámetro de 6 a 8 pies, ¿fueron arrojados a grandes alturas del cráter que corona el Cotopaxi, bajo la forma de escorias ardientes, liquefactadas únicamente en los bordes y volvieron a caer a lo largo de la montaña, aceleradas en su carrera por el derritimiento de las nieves, o salieron directamente de las faldas laterales del volcán, sin atravesar el aire? Esas cuestiones no se han resuelto todavía. (1)

El Dr. Wolf insiste en que «en ninguna parte ha formado una corriente de lava continua o coherente», y establece que en los grandes yacimientos de fragmentos de lava se presenta una intercalación de otros materiales, aunque sólo en pequeña cantidad, como corresponde a la naturaleza de las masas acarreadas por inundación.

En cortísimo tiempo, talvez en un cuarto a una media hora fue expelida por el cráter, la monstruosa masa de lava y se precipitó por los declivios de todos los lados de la montaña, de manera que en todas las quebradas y valles se formaron corrientes de lodo. La masa de fragmentos de lava, como se encuentra diseminada en las faldas de la montaña, es difícil precisarla, con todo, cree el Dr. Wolf que llegaría a más de 10 millones de metros cúbicos, lo que correspondería a una corriente continua de 1.000 metros de largo, 200 de ancho y 50 de altura.

Ahora, acéptese con el Dr. Wolf, un derrame de la lava, o según la opinión establecida primeramente por el P. Sodiro y después por el Dr. Reiss, de que se efectuó una violenta erupción de fragmentos de lava igneo-fluída, con intervención de los gases y vapores, siempre queda en pie el hecho de que no se formó corriente de lava alguna; en esto, así como en todos los hechos observados, están de acuerdo los dos narradores de la erupción, Sodiro y Wolf, sólo en la explicación e interpretación de esos hechos, con Sodiro, el Dr. Reiss, se separan de la opinión de Wolf. Según esta última, debía una columna de lava de cerca de 700 metros de diámetro, levantarse en su totalidad, por lo menos de 50 a 60 metros de altura (puesto que la diferencia entre las diversas partes del circuito del cráter, llega a más de 40 metros), para poder derramarse por todos los lados del borde,

(1) A. v. Humbolt: Kosmos, IV; Edit. castellana, p. 291.

aun cuando la mayor parte de la lava se haya vuelto a hundir en el canal y sólo una pequeña parte haya podido fluir sobre las faldas de la montaña.

Como única analogía en la historia de las erupciones volcánicas se podría aducir, las columnas de lava del Haway (muy problemáticas, ciertamente), pero que, comparadas a la de la erupción del Cotopaxi, según el Dr. Wolf, resultarían aquéllas, dice el Dr. Reiss, SIMPLES JUGUETES DE NIÑOS. Y ahora bien, si fluyó tal masa de lava, no se concibe por qué se desligó en fragmentos aislados, en lugar de derramarse en corrientes continuas, desde el filo del cráter, por los declivios de la montaña; además, parece que las nuevas masas eruptivas que también se depositaron en la cúspide más alta, tienen exactamente las mismas condiciones que los amontonamientos fragmentarios de lava, formados al pie de la montaña. UNA PODEROSA ERUPCIÓN DE VAPORES, UNA LAVA FUNDIDA EN ESTADO PASTOSO, LLENANDO LA CAVIDAD DEL CRÁTER Y ATRAVESADA POR AQUELLOS VAPORES, cree el Dr. Reiss, que son todos los datos necesarios para explicar el fenómeno de la manera más sencilla y natural.

Las «corrientes de lava fragmentaria», y con ellas, la distinción hecha por A. de Lapparent, de corrientes discontinuas (1) según la opinión del Dr. Reiss, deben desaparecer de la nomenclatura de los productos volcánicos; en cambio, opina que en cuanto se ha podido estudiar la individualidad de los conglomeratos de escorias, la erupción del Cotopaxi, tantas veces nombrada, da nueva luz sobre el origen de aquellos grandes conglomeratos que se presentan en el Rumiñahuy, en el Picacho del Cotopaxi y en muchos otros.

Antes de exponer nuestra opinión, creemos indispensable transcribir, aunque sea de un modo abreviado, para seguir el curso de una erupción del Cotopaxi, la descripción que hizo el Dr. Reiss, ya en el año de 1874, de cómo han debido verificarse. (2)

«Después de un tiempo de tranquilidad se hace notar el regreso de la actividad volcánica, por las frecuentes aparicio-

(1) A. de Lapparent: Traité de Géologie, 5me. Ed. 1905, p. 406.-Aquí se unen a las corrientes de lava fragmentarias en un solo grupo, a las poderosas corrientes de lava del Antisana.

(2) W. Reiss: Zeitschrift d. d. geol. Gesell, XXVI. p 912-913.

nes de las columnas de gases y vapores. Erupciones de cenizas, cambian aquellas columnas de vapores en nubes negras que se levantan muy alto en el aire y que van muy lejos arrastradas por el viento. La lava sube, ya despacio, ya violentamente por el canal, llena el cráter e ilumina con su reflejo a la columna de vapores que flota sobre aquél. En la superficie de la lava que llena más y más al cráter, se forman escorias que juntamente con los fragmentos de lava, son expelidos como lapilli y bombas por los vapores que atraviesan a la masa igneo-fundida. Entre violentas detonaciones prosiguen las erupciones aisladas de vapores y cenizas, hasta que finalmente, la lava se derrama por el lado más bajo del filo del cráter, desciende como poderosas corrientes por los declivios exteriores, o como parece haber sido el caso de 1877, es expelida en grandes masas y en una sola vez, por una extraordinaria erupción de vapores.^{ENTRE} En ambos casos, llegan las masas de roca en contacto con el hielo y la nieve que cubren a las partes superiores de la montaña, ocasionando las monstruosas avenidas de agua y lodo, que llevan la destrucción y aniquilamiento a las comarcas habitadas del pie de la montaña. Ordinariamente finaliza con esto toda la erupción y sólo en casos muy raros dura la emisión de lava por días o semanas enteras. Por esta circunstancia y por la salida reducida al cráter, de la lava, las erupciones del Cotopaxi, de las del Vesubio y de los volcanes de Haway, tan conocidas y tantas veces descritas, siendo, por otro lado, en las demás particularidades del mecanismo de las erupciones, precisamente las mismas, ya que las tan temidas corrientes de lodo, en manera alguna son fenómenos volcánicos y si, sólo el resultado de la alta situación del Cotopaxi (1), y se producen en todos los volcanes, cuyos declivios están cubiertos de hielo y nieve, tanto en el Ecuador como en Islandia y en el sur de Chile.

Por las descripciones de la erupción del Cotopaxi del 26 de junio de 1877 hechas por el Dr. Wolf y el P. Sodiro, no nos queda duda de que las proyecciones gaseosas, fueron de

(1) A. v. Humboldt: Ueber den Bau und die Wirkungsart der Vulkane in den verschiedenen Erdstrichen, Abh. gelesen in der Akademie zu Berlin, 24 Januar 1823; Ansichten der Natur, 3 Ausg. 1849, II, p. 275.

aquella que por primera vez llamaron la atención de los geólogos, cuando la erupción de la montaña Pelée, en la Martinica y en el mes de mayo de 1902. Es el fenómeno de las NUBES ARDIENTES o NUBES PELEANICAS, proyecciones en una dirección sumergente de gases y de vapores que arrastran fabulosas cantidades de materias pulverulentas y bloques de todas dimensiones.

Al contrario del caso habitual, estas nubes no son proyectadas verticalmente, sino que resbalan en los declivios del volcán, arrollando sus volutas hasta abajo de la pendiente, con velocidad acelerada, comparable y muy frecuentemente superior a la de un violentísimo huracán.

En una comunicación de A. Lacroix a los señores Darboux y Michel Levy y fechada en Fort-de France, el 23 de noviembre de 1902, dice: «.....El 18 a las 9 en punto de la mañana, hemos visto repentinamente salir de la escotadura sudoeste del cráter (del Pelée), cuyos bordes estaban ocultos por las nubes una verdadera catarata de volutas de vapores muy densos, de un pardo rojizo oscuro; descendieron al fondo del valle de la rivière Blanche, luego, cuando hubieron tocado ese lugar, continuaron su marcha arrastrándose en el suelo, estando animadas al mismo tiempo de un movimiento ascensional más lento. Esta nube formando volutas que se asemejaban a abalas ~~de~~ de algodón muy cerradas, caminaba en dirección horizontal, con una velocidad de cerca de un kilómetro por minuto (6 minutos para ir del cráter al mar), se levantó a cerca de 2.000 metros. Al llegar al borde del mar, se difundió lentamente en su superficie, oscureciendo el horizonte por casi dos horas. No dudo que hemos asistido a un fenómeno comparable, aunque mucho menos intenso al que destruyó Saint-Pierre». (1)

En otra carta de A. Lacroix a M. Michel Levy, de fecha 10 de diciembre de 1902, le dice lo siguiente: «.....Falta ocuparme de las NUBES DENSAS o NUBES ARDIENTES, cuya existencia he señalado ya a la Academia y que constituyen un fenómeno violento, discontinuo. Están precedidas, generalmente, por tronidos sordos que se oyen hasta 15 kilómetros del volcán y quizás aun más, sin que vengan acompañados de

(1) Comptes rendus hebdomadaires des Séances de l' Académie des Sciences. Tome CXXXV. 1301-1307.

trepidación del suelo. Midiendo el intervalo de tiempo que transcurre, entre la caída de grandes bloques incandescentes y la percepción de estos tronidos, he adquirido la certidumbre que ellos se deben a derrumbamientos (éboulements) producidos en el cráter.

«Aquellas nubes pesadas están constituidas por una gran cantidad de vapor de agua, arrastrando a la vez ceniza, lapilli y bloques de lava de todas dimensiones; tienen como origen los puntos de salida de los bloques incandescentes, de los que hablo anteriormente, se las ve descender a lo largo del cono, introducirse en el valle de la rivière Blanche y rodar hasta el mar. Desde el momento que han alcanzado el fondo del valle, se ven animadas de un movimiento ascensional mucho más lento; sin embargo, a veces, en el momento de la salida de la nube, se produce, además, un empuje vertical menos fuerte, que ordinariamente sube a lo largo de la aguja terminal».

«Estas nubes pesadas salen pues oblicuamente del cráter y están animadas de un movimiento sumergente de arriba a abajo. Parecen además, correr como un líquido en el lecho de la rivière Blanche; en efecto, es en éste, que después de su paso he observado el máximo de espesor de la ceniza y la casi totalidad de los GRANDES BLOQUES. Llegadas al punto del valle, donde deja de ser encajonado, las cenizas y los BLOQUES se instalan, formando una especie de delta».

«La velocidad de translación en el sentido del valle es, en término medio, de un kilómetro por minuto y no parece posible admitir que estas nubes sean debidas al simple derrumbamiento de las partes importantes del cono y es menester hacer intervenir para explicarlas, una fuerza de proyección bastante considerable. Contienen, además, una gran cantidad de vapor de agua, porque cuando la mayor parte de la ceniza que contienen han caído, se transforman en nubes atmosféricas».

«Las más grandes de estas nubes, una vez llegadas al contacto del mar, se vuelven más espesas todavía, sus volutas se arrollan unas sobre otras, con mayor rapidez, lo que parece debido a una condensación instantánea producida por una diferencia de temperatura. La proporción de cenizas caída así en el litoral, es siempre considerable, como hemos podido asegurarnos poco tiempo después del paso de estas nubes, netas que las lluvias o el viento hayan podido modificar aste

contingente; las modificaciones de este orden son muy rápidas y muy variadas».

La cantidad de cenizas y BLOQUES acarreados por estas nubes, es enorme; han RELLENADO los barrancos de lo alto del valle de la rivière Blanche, encajonados por acantilados de más de 100 metros. El bajo valle está hoy día nivelado como por una caída abundante de nieve. Estas cenizas son extremamente móviles, el menor viento levanta torbellinos de polvo y uno se entierra como en un líquido; su temperatura, 7 días después del paso de una de estas nubes, era todavía de 104 grados C. a 0 m., 10 de la superficie y a 6 kilómetros del cráter». (1)

En otra comunicación de M. Lacroix, presentada a la Academia de Ciencias por M. Fouqué, con el título de «Estado actual del volcán de la Martinique», entre otras cosas dice:

«*Los productos del volcán.* De una manera general, las erupciones volcánicas están caracterizadas por dos clases de fenómenos:

1º. Por la salida explosiva de gases, de vapores y de materiales silicatizados, sólidos o fundidos, más o menos voluminosos, con una temperatura muy alta;

2º. Por el derrame de estos mismos silicatos fundidos bajo la forma de corrientes o acumulaciones.

Hasta ahora este segundo orden de fenómenos HA FALTADO TOTALMENTE en la erupción actual. Numerosos relatos publicados hablan de corrientes de lava derramadas en el lecho de la rivière Blanche y el del Séche; lo que se ha dado este nombre por personas extrañas a la geología, NO ERA CORRIENTE DE LAVA, sino torrentes de agua lodoso caliente, ACARREANDO Y ARROLLANDO GRANDES FRAGMENTOS DE ROCAS».

«Como de ordinario, la erupción actual se señala por series de numerosas explosiones, entre las que algunas han sido de gran violencia». (2)

(1) Comptes rendus, Tome CXXXV. p. 1302-1307.

(2) Comptes rendus, N°. 9, primer Septiembre 1902.

En resumen: Según Lacroix (3), la nube ardiente es una especie de emulsión de partículas sólidas, en una mezcla de vapor de agua y gases dotados de muy alta temperatura. (4)

Considera al vapor de agua como el elemento principal. En la base de la nube, predomina el material sólido; bloques de todas dimensiones, pequeños fragmentos de rocas compactas, ceniza muy fina, están envueltos por una atmósfera fuertemente comprimida de gases, que se encuentra en expansión rápida y de esta manera, impide el contacto mutuo de las partículas sólidas, resultando un estado de movilidad como de un líquido. Aquí, como lo hemos dicho, existe la temperatura más alta. La parte media de la nube, contiene materiales sólidos de dimensiones reducidas. Las partes superiores toman la forma de balas (volutas) que se arrollan unas con otras. El notabilísimo contenido en partículas sólidas, le impide mezclarse con el aire. A causa de su gran densidad, el viento influye muy poco sobre el trayecto de la nube de erupción.

Los yacimientos de las nubes eruptivas descendentes, son conglomeratos volcánicos de EXTRUCTURA CAOTICA. BLOQUES Y BOMBAS, de diversas dimensiones, están rodeados de finas partículas de cenizas. Los bloques poseen una COMPOSICIÓN MINERALOGICA absolutamente igual.

Las proyecciones gaseosas del Tungurahua, tanto en su periodo de actividad de 1886, como en el de 1916 a 1918, indudablemente fueron nubes ardientes, semejantes a las de la montaña Pelée. En el primero, en el de 1886, la nube ardiente del 28 de febrero observada por el autor de estas lecciones, desde una distancia apenas de 2 kilómetros, fué uno de los espectáculos más grandiosos que haya podido tener en su vida. Se debe añadir que la potencialidad de arras-

(3) A. Lacroix: *La Montagne Pelée et ses Eruptions.* Paris 1904.

(4) Lacroix, en la p. 204, dice: La présence de la vapeur d'eau en proportion prépondérante n'est pas douteuse; elle est caractéristique de tous les types de fumerolles d'origine volcanique. Dans le cas qui nous occupe, elle était mise en évidence par sa condensation dans les parties hautes de l'atmosphère sous forme de nuages qui, peu à peu, se confondaient avec les nuages atmosphériques. Cette condensation n'était pas toujours assez brusque pour donner naissance à des averses de pluie, mais, celles-ci étaient point rares et elles nous ont souvent masqué la fin du phénomène.

tre de materiales sólidos por las nubes ardientes del Tungurahua, llegó a proporciones fabulosas, encontrándose en los yacimientos del pie del volcán bloques, talvez de 5 y 6 metros cúbicos.

Antes de la explicación de las nubes ardientes en la montaña Pelé, se creía que sus depósitos eran CORRIENTES DE LAVA DISCONTINUAS, prevaleciendo esta opinión hasta ese entonces, aun entre los geólogos más eminentes.

Ni en el Cotopaxi ni en el Sangay, le ha sido dado al autor, en sus períodos de actividad intensa, observar proyecciones de la naturaleza de las nubes poleánicas; pero no le queda duda que en el primero las ha habido, especialmente en las erupciones de 1858 y 1877, ya que en su base se encuentran las pretendidas corrientes de lava discontinuas. (1)

En el PERÍODO DE TRANQUILIDAD, ascienden de las grietas del cráter, ácido sulfídrico y gas sulfuroso; al aumentarse la actividad, expela gas clorídrico, al mismo tiempo que inmensas masas de vapor de agua, tal como sucede en los volcanes europeos. Seguramente, en el Cotopaxi no faltarán exhalaciones de gas carbónico, pero, hasta ahora, no se ha llegado a demostrar directamente.

A la descripción del Cotopaxi y de sus fenómenos eruptivos, el Dr. Reiss hace seguir algunas consideraciones que reclaman una discusión detenida.^{TÓRSe refieren, a lo menos en parte, a diferentes asuntos hipotéticos, y, por consiguiente, deben presentarse de la manera más conveniente para ofrecer al lector un cuadro completo y evidente de nuestras montañas volcánicas.}

La ALTURA DEL COTOPAXI ha sido determinada en tres períodos separados: el primero, del segundo, por más de cien años, y éste, del tercero, de algo como treinta años. La primera vez en 1738 - 1740, por los Académicos Franceses; la segunda, al mediar el siglo XIX, por viajeros alemanes e ingleses, y la tercera, a principios de este siglo, por la Misión Geodésica Francesa. La circunstancia de que de la comparación de los resultados obtenidos entre la primera y la segunda, se encuentra un notable aumento de altura, impone la

(1) Augusto N. Martínez: Lecciones de Geología General, profesadas en la Universidad Central. Quito, 1929 - 1930 (obra inédita).

necesidad de investigar el valor y la precisión de cada medida en particular. (1)

Durante algunos años de trabajo improbo, la Misión enviada por el Gobierno Francés al Ecuador para la medida del grado del meridiano, determinó con absoluta precisión un gran número de triángulos. Existen sobre este trabajo, tres diferentes obras. Los dos Académicos Franceses, Bouguer (2) y La Condamine (3), cada uno calculó y publicó independientemente los resultados de las observaciones hechas, en su mayor parte, en común; los valores obtenidos concuerdan entre sí de una manera satisfactoria, salvo pequeñísimas diferencias. No se puede decir lo mismo de los resultados obtenidos por los dos oficiales de marina, que por orden del Gobierno Español, acompañaron a la expedición francesa. Ante todo, hablaremos de las determinaciones de alturas por los Académicos Franceses, para luego demostrar por qué no se deben tomar en cuenta los datos concernientes a los oficiales españoles.

Tanto Bouguer como La Condamine, dan circunstancialmente toda la serie de los triángulos medidos, así como los ángulos de altura observados en las diferentes estaciones; pero sólo en Bouguer se encuentran ángulos de altura para las altas montañas del Ecuador, que quedan fuera de la medida del Grado. En la tabla siguiente se exponen los ángulos medidos, la altura absoluta de las Estaciones, la diferencia de altura entre estas últimas y el Cotopaxi.

(1) Téngase en cuenta, que aquí seguimos literalmente las ideas y conclusiones del Dr. Reiss, expuestas en su obra ya citada al principio, sin tratar, por nuestra parte, de aceptarlas o impugnarlas, especialmente en lo que se refiere a la génesis del Cotopaxi. Desde hace muchos años, nos hemos declarado partidarios incondicionales de las doctrinas STUELIANAS, acerca de estas cuestiones genéticas, y las hemos proclamado y defendido cuantas veces se ha presentado la ocasión de hacerlo. A. N. Martínez.

(2) Bouguer: *La Figure de la Terre*, 1749.

(3) La Condamine: *Mesures des trois premières Degrées du Méridien*, 1751.

Estación	Angulo de altura	Altura de la Estación	Cotopaxí sobre la Estación
Caraburu (1)	2° 41' 9"	2390 m.	3360 m.
Changalli (2)	4 17 46	2745 »	3005 »
Corazon (3)	2 45 15	4216 »	1534 »
Mulmul	0 55 15	3896 »	1854 »

Las medidas de la Estación de Changalli, en el valle de Chillo, cercanías de Pintag, y las del Corazón, se apropiarían muy bien para la determinación de la altura del Cotopaxí; pero como no existe dato alguno sobre la distancia horizontal, imposibilita una demostración precisa del cálculo. Con todo, no puede resultar gran error, pues hay un control para las diferentes medidas, y en cuyos resultados finales concuerdan también los Académicos Franceses:»la altura del Cotopaxí sobre Caraburu, importa 1.724 toesas = 3.360 metros. (4)

Caraburu, el extremo norte de la Base medida por los Académicos en la meseta de Yaruquí, al pie del Huamani y Pambamarca, forma el punto CERO para todas las determinaciones de altura, practicadas en la medida del Grado. Para el cambio de la altura relativa en altura absoluta, se debió determinarla sobre el nivel del mar de este punto CERO. No habiendo dado resultados satisfactorios las medidas trigonométricas, Bouguer emprendió en la unión de la Costa con la Altiplanicie, por operaciones, asimismo, trigonométricas.

En la selva virgen, en los declivios occidentales de la Cordillera, también occidental, en la parte inferior de la región fluvial del río Esmeraldas, Bouguer midió, en la aldea de indios Niguas y en una isla de la desembocadura del río Inca, los ángulos de altura del Pichincha y del Iliniza, para concluir

(1) *Figure de la Terre*, p. 119-122.

(2) *Figure de la Terre*, p. 124-125.

(3) *Figure de la Terre*, p. 124-125.

(4) *Figure de la Terre*, p: 125.



Foto de A. N. Martinez

EL COTOPAXI, lado occidental.
Desde las cercanías de "LA CIENEGA".

por medio de un cálculo muy complicado, la altura de Caraburu. Por las condiciones meteorológicas que predominan en la región baja occidental del Ecuador, no se puede contar con un tiempo que permita descubrir desde allí a las cúspides más altas de la Cordillera; para los habitantes del litoral ecuatoriano, las altas montañas casi siempre están envueltas en nubes; por esta razón eligió Bouguer los puntos mencionados, entre la Costa y la Cordillera. Pero, no siendo posible reunir trigonométricamente a la isla Inca o a Niguas, con la Costa, ensayó el Académico la determinación por medidas barométricas y por estima, de las caídas de los ríos, las alturas absolutas de sus puntos de observación. Bouguer aceptó primeramente, para la altura sobre el mar de la isla Inca, 30 toesas; pero, más tarde hubo de aumentarla, según parece, por las cálculos de La Condamine (1), en 12 toesas más; así que, en las publicaciones en que constan los resultados definitivos de todos sus trabajos, ambos Académicos, tanto Bouguer como La Condamine, aceptan como altura sobre el nivel del mar, para la isla de Inca, 48 toesas, y además, en combinación con las medidas trigométricas de Caraburu, en 1.226 toesas (2) o sean 2.390 metros. (3)

Ahora bien, según estos dos sabios, el Cotopaxi se levanta sobre Caraburu, 1.724 toesas, o sean 3.360 metros, de lo que resulta que la altura absoluta del Cotopaxi es de 2.950 toesas (4) o 5.750 metros.

Los datos de los dos Académicos Franceses, relativos a la altura del Cotopaxi, concuerdan completamente; los resultados de los Oficiales Españoles, no sólo difieren esencialmente de aquéllos, sino que también están en desacuerdo entre sí.

Antonio de Ulloa, al que debemos la parte descriptiva de la obra de viaje (5), asigna, por medidas barométricas, a la altura absoluta de Caraburu, 1.268 toesas; la diferencia de altura, asimismo, medida barométricamente, entre Caraburu y la Estación Puca-huaico, en el Cotopaxi, en 1023 toesas;

(1) La Condamine: Mesures, p. 52.

(2) Bouguer: Figure de la Terre, p. 124. La Condamine: Mesures, p. 55.

(3) Bouguer: Figure de la Terre, p. 159-167.

(4) Bouguer: Figure de la Terre, p. 125. La Condamine: Mesures, p. 56.

(5) A. de Ulloa: Relación histórica, Pt. I p. 568.

calcula después la altura de esta Estación hasta el límite de la nieve, en 30 a 40 toesas, y finalmente, asigna a la parte de la montaña cubierta de nieve, 800 toesas; por consiguiente:

Caraburu (barómetro)	1.268 toesas o 2.471 m.
Caraburu-Pucahuaico (barom.)	1.023 » o 1.994 »
Puca-huaico, límite de la nieve	35 » o 68 »
Cono cubierto de nieve	800 » o 1.559 »
Altura del Cotopaxi	3.126 toesas, 6.092 m.

(La Condamine, (1) aprecia la altura de la parte del Cotopaxi, cubierta de nieve, en 500 toesas).

El valor de 800 toesas, para la parte de montaña cubierta de nieve, se funda, según las palabras de A. de Ulloa, «en un prudente juicio basado en algunas observaciones de ángulos de altura, tomados para este fin». En esta apreciación han discrepado los Oficiales Espanoles, en cerca de 400 metros. La altura de la Estación Puca-huaico sería, según las medidas trigonométricas de Jorge Juan (en el libro consagrado a la medida del grado), de 1.036 toesas (2.019 m.) sobre Caraburu, y la altura absoluta de este último, barométricamente medida, de 1.553 toesas, o sean 3.031 metros. (2). Al adoptarse estas medidas, se encuentra la altura del Cotopaxi de 3.026 toesas o 5.895 metros. El resultado de los dos, que difiere en 200 metros, no merece confianza, tanto a causa de esta diferencia en la altura apreciada, cuanto porque Caraburu está señalado tan alto.

En verdad, hasta ahora no hay sino dos determinaciones para Caraburo:

Bouguer y La Condamine (baro-trigonométricamente) 2.390 metros. (3)

W. Reiss, 10 lecturas barométricas 2.369 metros. (4)

(1) La Condamine: *Voyage*, p. 159.

(2) *Observaciones Astronómicas y Physicas*, p. 120, 129.

(3) Aquí y en adelante, se calculan las alturas, solo en metros:

(4) Reiss y Stübel: Alturas tomadas en la República del Ecuador 11, p. 16. La Misión Geodésica Francesa, parece que no determinó la altura de Caraburu, o por lo menos, no figura en la lista publicada por el General Perrier, en «*La Géographie*» con el Título de «*Triangulations de détail des régions andine centrale et septentrionale*». París 1929, p. 12.

La exactitud de los números en las alturas tomadas por los Académicos Franceses, se prueba también de otra manera.

Tanto Bouguer como La Condamine, dan las alturas de montañas nevadas del Ecuador, pero, en verdad, de sólo nueve; estas alturas fueron calculadas independientemente. Para dos, el Cayambe y el Antisana, las medidas difieren hasta de 40 metros; la causa de esta diferencia hay que buscarla en la dificultad de la localización precisa de un sólo punto, en sus copas redondeadas: Por esta razón hay que excluir las a las dos en el cuadro de comparaciones que damos más adelante. Las siete alturas restantes concuerdan muy bien entre sí, pues las diferencias importan sólo de 0 a 12 metros. El Dr. Reiss dice también que desgraciadamente ha tenido que excluir al Cotopaxi y al Sangay, puesto que estos dos volcanes activos son los que habrán experimentado cambios en su altura, por las erupciones que se han proseguido por largo tiempo; el Tungurahua habría también de excluirse por el mismo orden de ideas.

En el siguiente cuadro se establecen las alturas de cinco de las más altas montañas del Ecuador, según Bouguer y La Condamine, Reiss y Whymper. Las alturas de los tres primeros observadores se fundan en medidas trigonométricas; las de Whymper, en la lectura del barómetro, a lo cual hay que anotar que todas aquellas alturas obtenidas trigonométricamente, se relacionan siempre a Bases medidas barométricamente: las de los Académicos Franceses, a la de la isla del Inca; las de Reis, directa o indirectamente a Quito.

ALTURAS EN METROS

	Bouguer (1)	La Conda-mine (2)	Reis (3)	Whymper
Chimborazo	6.727 m.	6.276 m.	6.310 m.	6.247 m.
Iliniza	5.286 >	5.296 >	5.305 >	
Tungurahua	5.106 >	5.106 >	5.087 >	
Corazón	4.826 >	4.814 >	4.816 >	4.838 >
Rucu Pichincha	4.744 >	4.736 >	4.737 >	

(Continuará)

(1) *Figure de la Terre*, p. 124, 125.

(2) *Mesures*, p. 56.

(3) *Alturas II*, p. 43.