

tiempo de Strabón (1) esta fama merecía el calificativo de fabulosa, todo induce á creer, según observa con justicia Poulett Scrope, que estaba basada en fenómenos reales. En concepto de este físico, el lago Averno "es sin duda de fecha reciente, y los ácidos carbónico y nítrico pudieron salir de él en algún tiempo, remontándose á la atmósfera en razón de su alta temperatura con una abundancia capaz de matar las aves que volaban por encima del lago." En las mismas regiones está también, no lejos del lago Agnano, la famosa *Gruta del Perro*, célebre por los experimentos tan necios como bárbaros que hacen los guías con los animales que á ella llevan. El ácido carbónico no pasa, á causa de su densidad, de las capas de aire inmediatas al suelo, y por consiguiente no molesta á las personas de regular estatura.

Lo que prueba que las fumarolas de ácido carbónico ó *mofetas* caracterizan el último grado de la actividad volcánica, es que se las encuentra en abundancia en las regiones en que ha habido volcanes que á causa de su prolongado reposo se pueden considerar con razón como extinguidos. La región de los Puy de Auvernia, la del Vivarais, la de los *maars* del Eifel, toda la cordillera basáltica de la Alemania del Norte desde el Riesengebirge hasta el Rhin, contienen numerosos orificios de los que se exhala ácido carbónico. Según Bischof, este gas se desarrolla á causa de la descomposición del carbonato de cal bajo la influencia del calor del foco volcánico subyacente. En las laderas del Papandayang, volcán de la isla de Java, está el famoso Valle de la Muerte ó Valle del Veneno (*Guva Upas*), de cuyo fondo brotan copiosas emanaciones de ácido carbónico. Los animales silvestres y las aves no pueden acercarse á él impunemente, y se asegura que el suelo está sembrado de osamentas de fieras y hasta de esqueletos humanos. Es probablemente el manantial más abundante de ácido carbónico de cuantos se conocen, si se exceptúan los volcanes de los Andes ecuatoriales que, según veremos más adelante, despiden torrentes de agua cargada de ácido carbónico y sulfúrico.

Acabamos de pasar revista, en todas sus fases, á los volcanes cuyos productos eruptivos consisten principalmente en materias incandescentes ó en lavas acompañadas de vapores y de gases. Hemos visto las transformaciones que sufren estas materias desde el principio de la erupción, en que se presentan en estado de escorias, de piedras pómez, de materias pulverulentas lanzadas á grandes alturas en la atmósfera, hasta el momento en que la presión que ejercen, fluidas, en las paredes del cono, producen desgarros y hendeduras por donde se escapan las lavas en torrenciales corrientes bajando por los flancos de la ignívoma montaña. Hemos dicho cuál era la composición de estas lavas, según los recientes análisis de los químicos y micrógrafos, y cuál la de los gases y vapores que salen de ellas á temperaturas decrecientes. Réstanos ahora describir las erupciones de los volcanes que no emiten por lo común lavas, y en particular de aquellos en que las materias expelidas son agua á elevada temperatura, ó también una mezcla de agua y de materias pulverulentas, es decir, barro.

(1) "Hay, dice, alrededor del Averno, un cinturón de elevadas montañas, interrumpido solamente en el sitio en que está la entrada. Las vertientes de estas montañas, que hoy están roturadas y cultivadas, se hallaban antiguamente cubiertas de vegetación silvestre, gigantesca, impenetrable, que difundía sobre las aguas del golfo una sombra espesa, que los terrores de la superstición hacían aún más tenebrosa. Las gentes del país añadían el detalle fabuloso de que no podía pasar ningún ave por encima del golfo sin caer al punto en él, asfixiada por los vapores mefíticos que de él salían, como sucede en los lugares conocidos con el nombre de *Plutonium*." (*Geografía*, loc. cit.)

## CAPÍTULO III

## LOS VOLCANES DE AGUA Ó GÉISEKES.—LOS VOLCANES DE BARRO

## I

## ERUPCIONES SIN LAVAS DE LOS VOLCANES DE LOS ANDES ECUATORIALES: SUS MANANTIALES ÁCIDOS

En la mayor parte de las descripciones que hemos hecho de las erupciones volcánicas, la lava desempeña un papel de gran importancia entre las materias expelidas por las fuerzas expansivas interiores: la hemos visto aparecer desde el principio del fenómeno con diversas formas y estados físicos que varían con las fases de la actividad del volcán; la hemos visto marcar su paroxismo en el momento de su salida fuera del cráter en torrentes incandescentes y fluidos, y luego, durante su marcha cada vez más lenta por las laderas del cono, producir emanaciones gaseosas cuya temperatura va bajando con la suya propia hasta el término de la erupción.

Pero los volcanes que hemos tomado por tipos de este modo de actividad, como el Vesubio y el Etna, los islandeses, los de los archipiélagos indios y oceánicos, todos los cuales han vomitado casi siempre lavas incandescentes y fluidas en las fases de su mayor paroxismo, no forman más que una clase en la numerosa familia de los volcanes terrestres. Hay otros, más numerosos quizás, que nunca han arrojado lavas, por lo menos en la forma de que acabamos de hablar, es decir, materias liquidadas por una elevada temperatura. Así lo hacía observar Humboldt en el primer tomo de su *Cosmos*, diciendo: "Hay sin embargo una clase especial de volcanes, como el Galunggung de Java, que no vomitan lavas, sino devastadores torrentes de agua hirviendo, cargados de azufre en combustión y de rocas reducidas á polvo." Pero más adelante, Humboldt no considera tan cierta la carencia de corrientes de lava en los volcanes de Java, habiéndole hecho vacilar en su creencia los ejemplares de rocas volcánicas que trajo Junghuhn de aquella isla tan rica en cráteres.

Este último y erudito explorador describió con toda claridad tres corrientes de lava negra, basáltica, de otros tantos volcanes javaneses, el Tengger, el Idgen y el Slamet. Además distingue los regueros propiamente dichos de esas especies de avalanchas de escorias y piedras inflamadas, pero no fundidas, que á veces arrojan ciertos volcanes. Hemos visto que el Giorgios, en la bahía de Santorín, se ha formado y elevado por la acumulación de semejantes masas, que no son otra cosa sino bloques de lava solidificada. Cuando la erupción del Gunung-Lamongán (Java, julio de 1838), este volcán despidió sin cesar torrentes de piedras. "Oíase, dice Junghuhn, el ruido que producían las piedras al chocar entre sí, las cuales, semejantes á puntos inflamados, rodaban hacia abajo unas tras otras ó mezcladas." Hemos visto asimismo que durante las erupciones de muchos volcanes de la misma región, como el Temboro y el Krakatoa, han salido masas asombrosas de cenizas, piedras pómez y barro; pero la falta de lavas incandescentes parece ser carácter exclusivamente propio de estos volcanes.

Obsérvase el mismo carácter en los de la Cordillera de los Andes, y principalmente en los de la zona ecuatorial, según lo consignan Boussingault y Humboldt en sus eruditos é interesantes relatos. La Condamine había hecho notar ya en 1756 esta falta de corrientes lávicas en los volcanes de los Andes: "No he conocido, dice, la materia de la lava en América, aunque M. Bouguer y yo hemos acampado semanas y aun meses enteros en los volcanes, y en especial en el Pichincha, el Cotopaxi y el Chimborazo. En estas montañas sólo he visto vestigios de calcinación sin licuefacción." Sin embargo, el Orizaba y los demás volcanes de México han arrojado lavas. Según Humboldt, cuatro de los diez y ocho conos de la América central vomitan lavas (1), carácter que se observa también en los volcanes chilenos, particularmente en el Antuco.

M. Boussingault, en su *Memoria sobre los volcanes de las Cordilleras y sus manantiales ácidos*, define así la naturaleza de las materias que lanzan de su seno:

"Estudiando ha ya muchos años los volcanes de los Andes ecuatoriales, reconocí que despiden vapor de agua, ácido sulfhídrico, en ciertos casos gas ácido sulfuroso y, lo que en mi concepto no se había notado aún en aquella época, grandes cantidades de gas ácido carbónico, proporcionando de continuo á la atmósfera carbono, uno de los elementos indispensables para la constitución de los seres organizados." Como se ve, esta misma es la composición de las emanaciones de las fumarolas de cuarta categoría, las que corresponden á la fase de determinación en las erupciones del Vesubio y del Etna, en una palabra, de los volcanes que vomitan lavas incandescentes. Lo propio que en las erupciones javanasas, el agua entra por mucho en las de los volcanes de los Andes, y á las piedras incandescentes, pero sólidas y sin rastro de fusión, á las cenizas secas, suceden las emisiones de barros líquidos, de lo cual hemos tenido ya ocasión de citar algún ejemplo (2). Además del agua, expulsada así en estado líquido y en el de vapor, hay abundantes manantiales termales en las inmediaciones de los conos y cráteres, y la composición del agua de estos manantiales indica suficientemente su origen. Mencionemos por ejemplo el manantial que da nacimiento al río Vinagre, en los costados del Purace, volcán de la Cordillera central. Según el análisis hecho por Boussingault, un litro de agua de dicho río contiene por lo menos 1<sup>er</sup>,1 de ácido sulfúrico y 1<sup>er</sup>,2 de ácido clorhídrico, y como el caudal del río en cuestión no baja de 34.785 metros cúbicos en veinticuatro horas, resulta que el río ácido arrastra cada día cerca de 47.000 kilogramos de ácido sulfúrico, 42.150 de ácido clorhídrico, ó sean respectivamente 17 y 15 millones de cada ácido por año. En la fuente de Ruiz, que brota en las faldas del pico de Tolima, la proporción de ácido clorhídrico es algo menor, pero

(1) El Nindiri, el Nuevo, el Coseguina y el San Miguel. Según Fuchs, debería añadirse el Miranvelles y el Chiriqui en el Estado de Costa Rica. Los regueros de lava de este último volcán, formado de cinco conos, no bajan de 44 kilómetros de longitud.

(2) "El Purace, tan sosegado cuando lo vi, dice Boussingault en la Memoria que acabamos de mencionar, tuvo en el decurso de 1849 una serie de erupciones que inundaron de fango líquido todo el país circunvecino, fango que al consolidarse formó en el punto de su emisión un recinto circular de 100 metros de diámetro, verdadero cráter de expansión. En los años siguientes hubo en la provincia de Popayán muchos temblores de tierra, precursores de la catástrofe del 4 de noviembre de 1869. A las tres de la madrugada el Purace tuvo una erupción espantosa, yendo á caer á muchas leguas de distancia piedras incandescentes y cenizas y llenándose de barros sulfurosos el lecho del Anambio y del Pasanambio. La misión del Purace quedó destruída. Dos días después, á las tres de la tarde del 6 de noviembre, hubo otra erupción; los proyectiles llegaron á la ciudad de Popayán, situada á más de 16 kilómetros; enormes masas de barro sulfuroso devastaron toda la comarca. En las Cordilleras son frecuentes estas emisiones fangosas (*moyas*), lo cual hace decir á los montañeses de los Andes que sus volcanes despiden á la vez agua y fuego."

contiene casi cinco veces tanto ácido sulfúrico como el río Vinagre. Boussingault ha observado análoga composición en el agua de un lago cerca del Cumbal, volcán en plena actividad, en donde el sabio viajero fué testigo de un espectáculo singular: el que presentaba un espacio circular de 20 metros de diámetro, del cual salía vapor de azufre en combustión de en medio de un círculo de hielo: las azuladas llamas parecían brotar de la nieve. El volcán de Tuqueras está á tres horas de distancia del pueblo del mismo nombre. Desde el Alto del Azufral se divisa un lago de hermoso color verde que semeja un prado. Es un cráter cerrado, en casi todo su contorno, por una roca traquítica



Fig. 155.—Cráter del Orizaba

de variadísimos colores; se penetra en su interior por una especie de muelle natural que sirve de remate á una cúpula de azufre. El gas recogido en el orificio de una grieta quedó enteramente absorbido por la potasa; por consiguiente, era ácido carbónico puro. El termómetro se mantuvo á los 86° en el vapor de una fumarola. Como la altura del lago es de 3.906 metros, el punto de ebullición del agua á esta altitud debería ser de 87°,9. El agua verde del lago debe su color aparente al azufre que ocupa su fondo. Vista á escasa profundidad, es incolora y límpida, de sabor ácido, estíptico, y como la del río Vinagre, contiene ácido sulfúrico y ácido clorhídrico libres. Su temperatura en la base de la cúpula de azufre era de 27°. Este lago tan singular tiene 500 metros de largo por 150 de ancho. Calculando su profundidad en cinco metros, Boussingault dedujo que el volumen de agua que contiene llegaría á unos 500.000 metros cúbicos.

Hemos creído oportuno entrar en estos detalles que dan una fisonomía tan particularmente original á los fenómenos volcánicos de los Andes y tan diferente de la de los volcanes europeos, habiéndonos guiado á la vez el doble objeto de demostrar la

variedad de las manifestaciones del calor subterráneo y de establecer una transición entre las erupciones anteriormente descritas y las puramente acuosas ó fangosas que formarán el asunto de los artículos siguientes.

## II

## LOS GÉISERES Ó VOLCANES DE AGUA

En Islandia, en esa isla eminentemente volcánica en la que los cráteres alternan con los glaciares, fué donde se observaron los primeros géiseres, manantiales á modo de grandes surtidores de agua hirviente, intermitentes por lo común. Su nombre *geyser* ó *geysir* es una palabra de la lengua islandesa que significa *furioso* según unos, ó simplemente *que brota*, según otros.

En la región Sudoeste de la isla, algo al Norte y al Oeste del Hecla, es donde en mayor número se encuentran estas singulares fuentes termales, que se pueden considerar como otros tantos volcanes pequeños con sus erupciones y sus períodos de reposo. Los hay á centenares, siendo el más famoso de todos el llamado *Gran Géiser*, á causa de sus dimensiones y del volumen de las aguas que lanza á la atmósfera. En medio de un altozano ó cono aplanado, que tiene unos 4 metros de altura sobre el suelo que le rodea y cuya circunferencia exterior es de 80 metros, existe un estanque en forma de cubeta casi elíptica, lleno de agua de pureza y limpidez admirables, en cuyo centro se ve, gracias al color más oscuro causado por la profundidad, una abertura de 4 metros de diámetro. La abertura central no es otra cosa sino el orificio del tubo cilíndrico vertical, cuya profundidad es de unos 25 metros; la sonda no ha podido penetrar más adelante, á causa sin duda de los recodos hechos por el conducto ó los conductos subterráneos de las aguas.

Cuando va á haber una erupción, se conoce de antemano por un bramido sordo y por los estremecimientos del terreno circundante; el agua hierve en el estanque, sube y forma remolinos en el centro, reventando al mismo tiempo en la superficie grandes burbujas de vapores. De pronto se lanza al aire y á grande altura una enorme columna de agua, que se divide en haces líquidos de deslumbradora blancura, los cuales ocultan en parte las nubes de vapor que se escapan del chorro. Una segunda, una tercera columna siguen á la primera, de la cual suelen exceder en elevación, y después de haber brotado cierto número, van disminuyendo de altura, hasta que cesando por completo, termina la erupción.

Las erupciones del Gran Géiser son mucho menos frecuentes desde principios del siglo actual, habiendo llegado al máximo de su intensidad en 1804. Los chorros se sucedían hasta cuatro veces en un día y llegaban á más de 60 metros de altura. A mediados del siglo XVII había regularmente una erupción diaria; pero poco á poco se fueron haciendo menos frecuentes y más irregulares. Hoy el fenómeno ha decrecido notablemente, si es cierto que el géiser no sale de su reposo más que una vez cada diez y siete días por término medio.

Otro géiser más pequeño, el Strokur ó Strokkr, inmediato al que acabamos de describir, se distingue de él por una particularidad curiosa. Ante todo, su abertura, de dimensiones la mitad menores (2 metros de diámetro), se abre á flor de tierra, ó no está rodeada de ningún cono, y sus aguas hierven entre las paredes lisas del tubo ó conducto á 2<sup>m</sup>,60 de profundidad. Pero lo más raro es que cualquiera puede suscitar sus

erupciones. Para ello basta echar por el orificio algunos puñados de musgo, y á los diez minutos, ó cuando más al cuarto de hora, empiezan los síntomas precursores. "Apenas se arroja el cuerpo extraño al cráter, el hervor cesa algunos minutos, como si el cráter reuniera todas sus fuerzas; á esta calma suceden algunos movimientos tumultuosos, y luego da principio la erupción: elévase un chorro de agua á cosa de un metro sobre el orificio; en seguida cae para brotar de nuevo y elevarse á 2 metros, y este movimiento oscilatorio continúa siempre en aumento, hasta que la columna de agua llega á 70 ú 80 pies de altura. La erupción dura de 20 á 30 minutos. Si después de cesar se acerca el observador al borde del cráter, ve que las aguas han desaparecido enteramente en el fondo, necesitándose que pase media hora para que vuelvan á subir á su nivel primitivo." (J. Nougaret.)

Según algunos viajeros que han estado recientemente en Islandia, el Strokur, géiser que tuvo origen en 1784 de resultas de un violento terremoto, tenía en otro tiempo erupciones naturales. Hoy todo se limita, según parece, á los hervores del agua interior, siendo menester suscitar las erupciones por el medio que acabamos de describir. Por lo demás, los géiseres, que son numerosos en la región de Islandia antes indicada, tienen fases de actividad muy variables, ora crecientes, ora decrecientes; unos se extinguen ó desaparecen, al paso que nacen otros nuevos.

Se han discurrido varias teorías para explicar la intermitencia de sus erupciones, así como su modo de formarse. La que satisface más es la de Bunsen, cuya exactitud está demostrada por un ingenioso experimento de Tyndall.

Digamos ante todo algunas palabras sobre el modo de formarse un géiser. Todas las condiciones que en las regiones volcánicas dan origen á las fuentes termales, se encuentran reunidas en Islandia, cuyo suelo, lleno de grietas por las erupciones de sus numerosos volcanes, recibe las aguas abundantes que proceden de las lluvias ó de la fusión de las nieves y de los hielos de los glaciares. Al penetrar estas aguas en las capas caldeadas de las partes profundas del suelo, se vaporizan en parte, y la tensión de los vapores así formados las obliga á subir por las aberturas libres hasta la superficie, y aun á abrirse un camino taladrando las capas en los puntos de menos resistencia. De esta última causa dimanar verosímelmente los pozos verticales de los géiseres.

La composición química de las aguas de estos volcanes es análoga á la de las emanaciones volcánicas en el período de su terminación. Contienen gran proporción de sílice, lo cual explica la naturaleza del revestimiento de los conductos y de la cubeta de los géiseres. En efecto, este revestimiento está formado de una capa sumamente dura y perfectamente lisa, que no es otra cosa sino sílice hidratada. Los mineralogistas han dado á esta variedad particular de sílice el nombre de *geiserita*, en razón de su origen. Según Tyndall, el depósito silíceo no se ha formado por precipitación, dado que el agua del géiser conservada en un vaso ha permanecido años enteros tan clara como el cristal, sin mostrar la menor tendencia á formar un precipitado. El depósito susodicho se ha formado por evaporación en los bordes del estanque. Si esta explicación es exacta, se sigue de ella que el mismo géiser ha debido formar su conducto así como el cono que lo rodea y en cuyo centro parece abierto. Lo cierto es que las capas silíceas son tan duras en el estanque ó en sus bordes que cuesta trabajo romperlas á martillazos. A menudo los bordes del estanque están cubiertos de incrustaciones de extrañas formas que en ciertos géiseres parecen corales, frutos y delicados arabescos.

Pasemos ahora á ocuparnos de la explicación de la intermitencia de las erupciones geiséricas. Según las observaciones de Bunsen, que logró averiguar la temperatura del