

ciones ordinarias, y es que pueden reunirse en ellas todas las condiciones de la formación de una verdadera tormenta.

“Una tempestad volcánica, dice Fuchs, no es un fenómeno que ocurra fortuitamente al mismo tiempo que la erupción, sino que es efecto de la erupción misma.”

En efecto, la condensación de las enormes masas de vapor de agua emitidas por el volcán, sobre todo al principio de la erupción, es causa de que se formen densas nubes que se reúnen á grande altura, descienden luego poco á poco, y acaban por envolver la cúspide hasta ocultarla enteramente. Los relámpagos que rasgan la nube tempestuosa disipan momentáneamente la obscuridad (1), y una lluvia copiosísima, mezclada con las cenizas de la erupción, produce torrentes de agua cenagosa que abren barrancos en los costados del cono y destruyen las regiones cultivadas de las cercanías.

En los volcanes que están en erupción permanente, como el Stromboli, el vapor de agua forma sobre el cono una nube blanca ó cenicienta que permanece inmóvil y se deshace en ligeros chubascos si hace buen tiempo, ó en caso contrario, se disipa obedeciendo al impulso del viento. El vapor que surge del cráter del Erebo, en las regiones polares del Sur, vuelve á caer en forma de nieve á barlovento de este volcán.

Digamos ahora algunas palabras acerca de la naturaleza y aspecto exterior de la alta columna de vapores que aparece desde el principio de la erupción. Hemos dicho antes que presenta varios tonos. Las partes que se remontan en forma de nubes redondas de deslumbradora blancura están compuestas principalmente de vapor de agua; las que tienen un color oscuro y negro contienen además mayor ó menor cantidad de polvo sumamente tenue, mezclado con fragmentos de piedras de pequeñas dimensiones conocidas con el nombre de *lapilli*. A ese polvo, que como los *lapilli* no es otra cosa sino lava reducida por el vapor á un estado de extraordinaria división ó acribillada de numerosos poros, se le da el nombre de *cenizas volcánicas*. Fuchs hace observar con razón que esta denominación es impropia, por cuanto en este caso no se aplica, como cuando se trata de las cenizas ordinarias, á un residuo de combustión. “La ceniza volcánica, dice, consiste en un polvo delicado, fino y gris, pero se compone de los mismos elementos que la lava. Examinada con el microscopio, se ve que está compuesta de muchos cristallitos y fragmentos de cristales procedentes de varios minerales, y de pequeños fragmentos vitrificados de lava. Como las lavas de los volcanes se componen de diferentes mezclas de minerales, sus cenizas contienen también especies minerales distintas, que corresponden exactamente á las de la lava.”

He aquí ahora la explicación que el mismo autor da de las cenizas volcánicas:

“Durante la primera parte del período eruptivo, los vapores, largo tiempo conti-

(1) Los fenómenos eléctricos de las erupciones son al parecer efecto de la presencia simultánea del vapor de agua y de las cenizas en las mismas nubes; á lo menos así puede deducirse de las observaciones hechas por Palmieri en el Vesubio en abril de 1872. “La dirección del viento, dice, empujaba casi siempre la columna de vapores, cenizas y *lapilli* hacia el Observatorio, gracias á lo cual he podido hacer interesantes observaciones electrométricas con mi aparato bifilar de conductor móvil. Resulta de ellas que el vapor solo, sin cenizas, da fuertes indicaciones de electricidad positiva; la ceniza sola las da de electricidad negativa, y cuando ambas cosas se reúnen, se notan curiosas alternativas que no puedo describir aquí. No se producen relámpagos en el vapor sino cuando éste va mezclado con gran cantidad de cenizas, no siendo exacto que relampaguee sin tronar como han asegurado los antiguos observadores del Vesubio.” Esta última observación del sabio director del Observatorio está plenamente confirmada por las siguientes líneas de un espectador de esta misma erupción, M. de Verneuil: “El espectáculo es sorprendente, dice. En medio de la densa y obscura nube que coronaba el Vesubio, estallaba el trueno, cuyos continuos estampidos apenas apagaban el estruendo continuo y atronador de aquel inmenso horno.”

dos, se abren paso al través de la lava que llena el cráter y la chimenea. La formación de la ceniza depende del estado de esta lava y de la energía de la expulsión de los vapores. Cuando éstos rompen la lava, lanzan al aire la capa superficial que los retiene y la reducen á tenues partículas de polvo. Las pequeñas partículas de lava así formadas pierden rápidamente su estado de incandescencia á causa de su tenuidad, y aparecen en forma de ceniza oscura ó de polvo. Por consiguiente, las condiciones de la formación de las cenizas consisten: 1.º, en la gran fluidez de la lava; 2.º, en la presencia de gran número de partículas no fluidificables á la temperatura reinante y que flotan en la lava; 3.º, en la gran fuerza explosiva de los vapores que se desprenden de ella.” Fuchs añade, y en nuestro concepto con razón, que una gran parte de las cenizas está constituida sin duda por lava derretida que no se ha solidificado hasta después de la pulverización. Lo que da probabilidad de certeza á esta hipótesis es la prodigiosa cantidad de cenizas despedida en ciertas erupciones volcánicas. Citemos algunos casos en su apoyo.

El más antiguo y conocido es el de la famosa erupción del Vesubio en el año 79. Tres ciudades, Stabies, Herculano y Pompeya, sepultadas bajo una espesa capa de cenizas, probablemente diluida por el vapor de agua, y que cubrió todos los monumentos, son suficiente prueba de la formidable cantidad de materias pulverulentas que vomitó el volcán. Por espacio de cuatro días consecutivos, aquella lluvia terrible, sofocante, sumió en tinieblas las regiones vecinas. Según Dión Casio, el viento llevó las cenizas hasta Roma, y aun hasta Egipto.

En los tiempos modernos, la erupción del Temboro, de la que hemos hecho ya mención al hablar de la destrucción de su cono, fué notable por la prodigiosa cantidad de cenizas arrojadas. Toda la superficie de la isla de Sumbawa quedó cubierta de escorias y cenizas volcánicas, y transformada en un desierto árido, habiendo sucumbido millares de personas. En la próxima isla de Lombok cayó una capa de ceniza de 50 á 60 centímetros de espesor. Las cenizas se desparramaron por un radio de 500 kilómetros, que comprende á Java, una parte de Sumatra, Borneo y hasta la costa Noroeste de Australia. En ciertos puntos del mar flotó una capa de piedras pómez de más de un metro de espesor, de suerte que los buques se abrían difícilmente camino al través de aquel banco de nuevo género.

El Coseguina, volcán de la América central, de 170 metros de altura solamente, rodeado por tres lados por el mar, tuvo en 1835 una terrible erupción, caracterizada también por el inmenso volumen de cenizas y piedras pómez que despidió á larga distancia. Calcúlase que cubrió una superficie de 4 millones de kilómetros cuadrados y el volumen de las materias expelidas llegó á 50.000 millones de metros cúbicos.

Todo el mundo conoce, por haberla leído en los periódicos y revistas, la catástrofe que asoló á fines de agosto de 1883 las islas del estrecho de la Sonda y gran parte de las de Sumatra y Java. La erupción volcánica que causó tantas víctimas y tantos estragos partió de una pequeña isla del estrecho de la Sonda, conocida con el nombre de Krakatoa, nombre que ha adquirido perdurable celebridad. En esta isla había tres picos, el menos elevado y más septentrional de los cuales, llamado Perboewatan, dió ya indicios de actividad en 1860 y en mayo de 1883; el de en medio, Danán, entró también en erupción en agosto, y el Rakata, que era el más alto (822 metros), era asimismo un antiguo cráter, pero que permaneció inactivo durante la última erupción. De mayo á agosto hubo ya en el primer cráter una fase eruptiva de intensidad variable; el 26 de este último mes las explosiones aumentaron mucho de intensidad, y á las

diez de la mañana del 27 ocurrió la más formidable de todas. El 28 por la mañana todo había terminado.

Durante los días 26 y 27 de agosto se oyó casi sin interrupción un bramido sordo semejante al fragor del trueno, acompañado á intervalos de violentas explosiones, las unas comparables á cañonazos, y las más terribles, mucho más breves pero más crepitantes, no podían compararse con ningún ruido conocido. Para dar una idea de la intensidad extraordinaria de los sonidos producidos por estas explosiones, citemos algunos puntos desde los cuales se oyeron. La distancia á que se propagaron las ondas aéreas, con bastante fuerza para que se las percibiese como ondas sonoras, excede probablemente á todo cuanto se conocía por tal concepto.

“Los estampidos, dice M. Verbeck, se oyeron en Ceilán, en Birmania, en Manila, en Dorey, en el Geelvinkbaai, en Nueva Guinea, en Perth en la costa occidental de Australia, así como en todos los sitios más próximos á Krakatoa. Si tomando esta isla por centro se traza un círculo con un radio de 30 grados ó 3.333 kilómetros, este círculo pasa precisamente por los puntos desde los cuales se oyó el ruido. La superficie de este círculo, ó mejor dicho, de este segmento esférico, es más de la décimaquinta parte de la superficie de la Tierra. No se tiene noticia de que en lo antiguo hubiese ocurrido ninguna erupción cuyo estruendo se haya propagado á tan enorme distancia.

„Además de estas vibraciones sonoras, se formaron también, cuando las explosiones, ondas aéreas de gran longitud, que no se dieron á conocer con sonidos, pero que no por eso dejaron de producir singularísimos efectos. Las más rápidas de estas vibraciones se comunicaban naturalmente á los edificios y á los tabiques de las habitaciones, de suerte que los objetos colgados de ellos ó del techo se pusieron en movimiento, y por ejemplo, en Batavia y en Buitenzorg, que distan 150 kilómetros de Krakatoa, las puertas y ventanas se abrieron y cerraron con estrépito, los relojes se pararon, cayeron las figuras puestas sobre los armarios y los depósitos de las lámparas colgantes saltaron fuera de los aparatos de suspensión y cayeron con sus globos y tubos al suelo.

Pero ocupémonos de la principal circunstancia que nos induce á hablar de este suceso. Hasta las diez de la mañana del 27 de agosto, momento en que sobrevino la explosión más formidable, las materias arrojadas eran tan sólo cenizas más ó menos húmedas, aunque en extremo abundantes como vamos á ver; pero á partir de aquel instante, salió también barro, mezcla de arena volcánica y de agua de mar, lo cual consistió en que las primeras erupciones ocurrían sobre el nivel del mar, al paso que después de la terrible explosión que ocasionó el derrumbamiento de la mitad del cráter y de toda la parte septentrional de la isla, se transformaron en erupciones submarinas, y en lugar de cenizas, escorias sólidas y piedras pómez, vomitaron barro. Un buque inglés, el *Governor General London*, que había salido de Batavia el 26 de agosto por la mañana y había entrado de arribada en la rada de Anjer á las dos de la tarde, recibió á las seis una lluvia de cenizas y piedras pómez en su cubierta. Al otro día fué tan copiosa esta lluvia que el capitán Linderman tuvo que echar el ancla en la bahía de Anjer. El cielo se puso tan oscuro como en la noche más tenebrosa. Luego, á la lluvia de piedras pómez sucedió otra de barro tan copiosa, que en diez minutos hubo en la cubierta del buque una capa de medio pie de espesor. Al día siguiente el capitán quiso salir de la bahía, pero se encontró con un inmenso banco flotante formado de una capa de piedra pómez de más de dos metros de espesor.

He aquí algunas cifras entresacadas de la narración de M. Verbeck que acabará de dar una idea de los materiales, cenizas, piedras pómez y barro, lanzados por la explo-

sión. Los mayores fragmentos cayeron en un radio de 15 kilómetros alrededor de Krakatoa, habiendo formado en la superficie de este círculo una capa de materias volcánicas que variaba entre 20 y 40 metros. En ciertos puntos de la isla se veían montes de ceniza de 60 á 80 metros de altura. “Un cálculo todo lo aproximado posible de la cantidad de materias sólidas expulsadas, dice M. Verbeck, me ha dado la cifra de 18 kilómetros cúbicos.” Las dos terceras partes de esta masa quedaron en el círculo de 15 kilómetros de radio trazado alrededor de Krakatoa como centro.

Otros fenómenos de sumo interés, pero ajenos á este lugar, distinguieron esta erupción extraordinaria. Por ejemplo, una oleada de amplitud prodigiosa invadió las próximas costas de Sumatra y Java, lo arrasó todo á su paso y, propagándose á lo lejos, se hizo notar hasta los confines de la Tierra, y aun parece que dió muchas veces la vuelta á ella. Se ha atribuído la persistencia de los arboles crepusculares, que muchos meses después del suceso se observaron en todas las partes del mundo, á las cenizas mezcladas con vapor de agua salidas del volcán. La formación de la inmensa oleada se explica fácilmente atribuyéndola al hundimiento en el seno del mar de la masa de los conos volcánicos de que partió la explosión y de la porción desaparecida de la isla, sobre la cual marca hoy la sonda profundidades de 200 metros. En cuanto al efecto óptico de los arboles, admítase que tiene por causa la suspensión á grande altura en la atmósfera de una nube formada por las partículas sumamente tenues de las cenizas expulsadas y mejor aun por las del vapor de agua, partículas que, condensadas y cristalizadas, son susceptibles de producir efectos de refracción, de difracción y las coloraciones que son su consecuencia.

Para terminar lo que teníamos que decir acerca de las erupciones volcánicas, hagamos también mención de la columna de fuego que sustituye de noche á la de cenizas y vapores visibles durante el día. Créase en otro tiempo que la formaban las llamas de la combustión que se suponía haber en el interior del cráter; pero era fácil ver que la apariencia de aquel resplandor no correspondía á la idea que puede formarse de las masas gaseosas incandescentes; pues subsiste tranquila, fija y como invariable en su forma, y muy lejos de estar sujeta á las continuas fluctuaciones de las llamas que arden al aire libre. Después se creyó explicar su causa admitiendo que dicha columna está formada por la reunión de las partículas incandescentes arrojadas sin cesar por el cráter; pero en este caso ¿cómo era posible ver las estrellas, cómo se las veía, al través de un resplandor que forzosamente debía ser opaco? Ciertamente es que de vez en cuando se ven semejantes partículas en la columna luminosa, en forma de surcos de fuego parecidos á relámpagos. Pero en realidad la columna tiene por causa la luz que refleja la atmósfera (1), más ó menos vivamente iluminada por la lava incandescente que llena

(1) “La deslumbradora luz que despiden las masas de escorias ó la lava inflamada de que estas masas se escapan, reflejada por la nube de vapor acuoso que flota sobre el cráter, produce esa apariencia luminosa á la cual se da sin razón el nombre de *llama* en los relatos escritos por personas incompetentes. Pero ¿salen en realidad llamas de un volcán en erupción, á consecuencia de la inflamación del hidrógeno ó de otros gases inflamables? Esta pregunta quizá no ha obtenido aún respuesta. Si efectivamente salen, tan sólo se las podrá observar en circunstancias especialmente favorables, porque su escasa luz debe desaparecer enteramente, ofuscada por el reflejo más brillante de la lava incandescente. Abrich cree haber visto inflamaciones débiles, pero reales, de gas hidrógeno en el interior del Vesubio.” (P. Scrope: *Los Volcanes*.) Durante la erupción que hizo surgir el Giorgios en la bahía de Santorín, aparecieron varias veces llamas rojizas durante la noche, primero sobre la superficie del mar, y luego por encima de las masas que forman el islote. No es pues dudoso que en ciertas erupciones volcánicas se vean llamas rojizas; pero también es cierto que estas llamas no entran por nada en el fenómeno de la columna de fuego.

el cráter. Los vapores, y hasta el humo despedido por el cráter, contribuyen al resplandor del fenómeno. Hemos hablado de la fijeza de este resplandor que conserva en efecto una inmovilidad y una calma imponentes. Pero su brillo es tan variable como el de la lava, de la cual es reflejo. Cuando la masa fluida se enfría, su superficie, que es de un color blanco deslumbrador, pasa al rojo cada vez más oscuro y la columna de fuego se amortigua. Si la erupción recrudece, despide á larga distancia la capa superficial y devuelve á la columna su brillo primitivo.

V

LAS LAVAS: SU COMPOSICIÓN QUÍMICA Y MINERALÓGICA

Hasta ahora hemos descrito las circunstancias exteriores de la erupción, sus apariencias grandiosas ó terribles, sus efectos con sobrada frecuencia destructores; la explosión, el lanzamiento de vapores y cenizas, la salida de lavas son como los actos de este drama, cuyos actores son las fuerzas físicas exteriores y subterráneas en conflicto. Antes de decir cómo se explican las peripecias del drama, importa estudiar más á fondo sus elementos. Las materias expulsadas por la erupción, sólidas, líquidas y gaseosas, proceden todas ellas de las profundidades innaccesibles de las capas subyacentes. Averiguando cuál sea su naturaleza, por el triple concepto físico, químico y mineralógico, los sabios han establecido las bases firmes de una teoría de los fenómenos volcánicos; basándose únicamente en los resultados de observaciones y experimentos comparativos, y en las investigaciones practicadas en los lugares mismos del fenómeno mientras éste ocurría, y valiéndose de todos los recursos de los actuales métodos de análisis, han podido sorprender el secreto de las modificaciones sufridas por los productos eruptivos, remontarse á su causa y sustituir así los sistemas y las hipótesis que hasta entonces habían prevalecido en la ciencia, con otros más exactos y razonables.

Las lavas en sus varias formas y las emanaciones gaseosas durante las diferentes fases de actividad de los volcanes son las dos categorías de productos eruptivos, en las que se pueden clasificar todos los materiales arrojados por los cráteres ó por las demás hendeduras del suelo volcánico.

Hablemos primeramente de las lavas.

Bajo esta denominación deben comprenderse las materias que han pasado al estado fluido por efecto de su elevada temperatura y que se desparraman en forma de arroyos ó regueros por las laderas de la montaña, y también las escorias, bombas volcánicas, piedras pómez, lapilli, cenizas ó arena que arroja el cráter durante su erupción.

Las *bombas* son fragmentos de lava lanzados por la explosión en estado de fluidez completa. Estas especies de gotas están animadas, durante el curso de su trayectoria, de un movimiento de rotación que les comunica una forma globular ó esférica, de la cual procede su nombre. Después de enfriadas y solidificadas, conservan su forma. Su volumen, según P. Scrope, varía desde el tamaño de los grandes motones de los barcos de guerra hasta el de una almendra ó una avellana. El mismo Scrope hace observar que su presencia puede ser muy preciosa para indicar el sitio en que ha ocurrido una erupción en época remota, á falta de otro indicio. Así es que se puede seguir hasta su origen un gran número de corrientes basálticas que surcan los flancos del Mont-Dore y del Cantal, gracias á las bombas y escorias que se encuentran con profusión en las partes más elevadas de dichas montañas.

Dase más comúnmente el nombre de *escorias* á los fragmentos desiguales y llenos de asperezas que á causa de su brusco enfriamiento no han podido adquirir una forma regular. Las que pertenecen á lavas ligeras, vitrificadas y llenas de poros y vesículas por la acción de los gases son *pedras pómez*, cuya densidad es tan escasa que flotan en el agua. Los *lapilli* (1) son fragmentos redondos cuyo tamaño varía entre el de un guisante y el de una nuez; puede suponerse que se forman lo mismo que las bombas, ó bien que han quedado reducidos á su tamaño por una especie de trituración ocasionada por su mutuo roce. Cuando son más pequeños forman la *arena volcánica*, ó las *cenizas* si su tenuidad es tal que vienen á tener la consistencia de la harina ó de un polvo impalpable. Las escorias, los lapilli, la arena ó las cenizas constituyen la materia principal de que se componen los conos volcánicos. El análisis químico y micrográfico ha demostrado la identidad de todos estos productos eruptivos con las lavas.

Veamos ahora cuál es la composición de éstas.

Ante todo digamos que esta composición varía en extremo. Las lavas procedentes de distintos focos, ó también las que salidas de uno mismo durante la misma erupción se han consolidado más ó menos pronto en diferentes fases, presentan grandes divergencias con respecto á su constitución mineralógica. Encuéntrense en ellas los mismos elementos simples agrupados y cristalizados de varios modos. Sin embargo, todas las lavas tienen un carácter común y constante; y es que cuando están enteramente solidificadas, se encuentran en su masa partes amorfas en estado vítreo, restos del magma primitivo que componía la materia entera antes de la separación de los compuestos minerales especiales, antes de toda cristalización. Las lavas se parecen además por otro concepto; pues todas ellas contienen en mayor ó menor abundancia y más ó menos desarrolladas, pequeñas cavidades burbujosas, efecto sin duda de la expansión de los gases, y en especial del vapor de agua, que las penetraban cuando aun se hallaban en estado de fusión ígnea.

Los elementos químicos que constituyen la materia lávica son: sílice, que hace el efecto de ácido; alúmina, potasa, sosa, cal, magnesia y hierro, que son otras tantas bases en los diferentes silicatos que en muy distintas proporciones forman las lavas. Comparando las de las erupciones volcánicas actuales con dos tipos de rocas que no son otra cosa sino productos eruptivos de los antiguos volcanes, los *basaltos* y las *traquitas*, se las ha dividido en dos grupos principales, según su mayor ó menor parecido con estas rocas, estableciéndose una distinción entre las *lavas basálticas* y las *lavas traquíticas*; pero como hay lavas cuyos caracteres no aparecen bien marcados, se ha formado con ellas una clase intermedia, la de las lavas *traquidoleritas*. He aquí, según Fuchs, cuáles son los caracteres distintivos de estos tres tipos:

“Las lavas basálticas son fáciles de conocer por su color oscuro casi negro, y cuando la roca es muy granuda, se puede distinguir muy bien el feldespato y la augita que constituyen su parte principal. La augita es el mineral que con mayor abundancia se encuentra en los basaltos, pero el feldespato cede con frecuencia el puesto, total ó parcialmente, á otros minerales, lo cual da origen á diferentes variedades de lavas basálticas, las más frecuentes de las cuales son el *basalto leucítico* (Vesubio, colinas de Albano, etc.), el *basalto de nefelina* (lava del Capo di Bove, Herchenberg en el Eifel, algunas lavas del Vesubio), el *basalto de anortita* (Islandia, Antillas) y el *basalto de sodalita* (Vesubio, etc.).

(1) Vocablo escogido por los geólogos italianos (en singular *lapillo*) y que por corrupción se escribe á veces *rapilli*.