

sobre ella. En el fondo del valle veíase una cascada de fuego que parecía saltar y triscar de un modo extraño; bullía, se enroscaba, soltaba chorros de lava ardiente y despedía en torno rayos inflamados. Entonces pareció aplacarse por un momento y la superficie del lago se enfrió, formándose una gruesa corteza gris y negruzca; pero en



Fig. 152.—Lago de lavas del Kilauea

breve se levantó de nuevo por el centro y lanzó una columna de fuego á treinta ó cuarenta pies de altura, que por espacio de algunos minutos pareció un colosal surtidor ó juego de agua y que despedía en todas direcciones masas de lava, estrellándose sus encendidas oleadas contra las rocas con un ruido que parecía el de la resaca en una playa pedregosa, estruendo indescriptible é infernal.”

M. de Varigny describe en su *Viaje á las islas Sandwich* un fenómeno análogo,

cuando se ocupa de dos oleadas de lava, partidas de dos puntos opuestos del cráter, yendo á encontrarse, y chocando por fin con terrible violencia.

“En el momento de su choque, dice, resonó un formidable estruendo en torno y debajo de nosotros. Ambas olas se levantaron en el centro mismo del volcán, formando



Fig. 153.—Choque de dos olas de lava en el lago del Kilauea

una pirámide de fuego de más de setenta pies de altura y lanzando su abrasadora espuma en todas direcciones; la más potente de las dos venció á la otra, y rechazándola con tremendo empuje, se extendió como enrojecida sábana, azotando furiosamente las paredes volcánicas, que se deshicieron ante la terrible presión de aquel calor inconcebible y desaparecieron en la cuenca, como la arena de un peñasco que el mar mina, socava y arrastra consigo.

„Aquel espectáculo duró cerca de un cuarto de hora; siguióse luego un período de calma; la capa de lava ennegrecida se modificó, presentando á trechos sinuosos surcos de fuego, y la masa recobró su movimiento lento y regular como el de una anchurosa oleada.“

No sabemos que ningún volcán presente en semejante escala tan grandiosos testimonios de la intensidad del calor subterráneo del globo y de la continuidad de su acción. Los fenómenos volcánicos del Stromboli igualan á los de los volcanes de Havai, pero solamente por este último concepto. Hemos visto otros ejemplos de la pujanza destructora de otras erupciones llegadas al paroxismo; pero la reunión de dichos dos caracteres en una región tan circunscrita como la de Havai es indudablemente, según la expresión de Fuchs refiriéndose al Kilauea, “un fenómeno único en su género.“

Para terminar lo que teníamos que decir acerca de este cráter, insistiremos especialmente en la circunstancia de sus variaciones de nivel. Toda ascensión de lava por una chimenea volcánica tiene por causa evidente el aumento de la fuerza expansiva de los gases ó vapores que producen las erupciones. Esta fuerza es considerable sin duda alguna, puesto que es capaz de equilibrar el peso enorme de una columna de materias derretidas cuya densidad excede dos veces y media y á veces hasta tres á la del agua. Por cada 100 metros de altura de la columna, la presión interior es de 25 á 30 atmósferas; por cada kilómetro, de 250 á 300. Por consiguiente, hay que contar por millares de atmósferas, lo cual no tiene nada de extraordinario, si se considera la rapidez con que crece la fuerza elástica de los vapores á la par de su temperatura, y esta temperatura puede ser excesiva á grandes profundidades, pues si se trata de vapor de agua, el agua puede conservar su liquidez aun bajo la influencia de una presión enorme. Lo cierto es que á medida que la lava sube, la presión que ejerce en las paredes laterales de la montaña va creciendo, llegando un momento en que la resistencia ofrecida por estas paredes queda vencida, lo cual sucede necesariamente en los puntos más débiles. De aquí resultan grietas y cráteres adventicios en los costados del volcán, y á veces en su base. Cuanto mayor es la distancia vertical entre el nivel de la lava en el cráter principal y el del orificio accidental, más violenta es la erupción y más rápido y copioso el caudal de aquélla; pero en razón misma de esta abundancia, esta especie de absorción disminuye la altura de la lava en el cráter. Así fué que en junio de 1840 unas erupciones laterales hicieron bajar 110 metros el nivel de la lava en el Kilauea. El cráter, que estaba lleno hasta los bordes, quedó vaciado, por decirlo así, por aquel inmenso reguero, cuyo volumen calculó Dana en 5.500 millones de metros cúbicos y que formó un río de 25 kilómetros de largo por 5 de ancho. Este torrente corrió hasta el mar.

La mayor parte de los regueros de lava del Mauna-Loa ó del Kilauea tienen su origen á un nivel inferior al de cualquiera de ambos cráteres. El mismo fenómeno ocurre con frecuencia en las erupciones del Etna ó del Vesubio. Acabamos de decir que el río de lava de 1840 en Havai llegó hasta el mar, cambió la configuración del litoral y exterminó todos los peces de aquella costa. Cuando la erupción del Vesubio en 1794 sucedió una cosa parecida: esta erupción fué terrible. El río de lava, de medio kilómetro de ancho y cinco metros de alto, bajó hasta Torre del Greco y penetró 200 metros mar adentro. El embajador inglés sir William Hamilton se metió en una barca, al tercer día de la erupción, para ver aquella muralla ardiente; á trescientos pies en contorno la lava hacía hervir y humear el agua del mar que subía á enorme altura, sobre todo en un punto en que se encontraban dos corrientes. Los peces y hasta las frutas de mar (así llaman allí á los moluscos) perecieron hasta dos millas de distancia. Sir Wi-

lliam Hamilton tuvo que regresar á la playa á toda prisa, porque su barca hacía agua por todas partes, pues el agua hirviente había derretido la brea que calafateaba sus costuras.

VII

EMANACIONES GASEOSAS DE LOS VOLCANES

Acabamos de ver el papel que desempeñan las lavas en las erupciones volcánicas. Pero si hay un corto número de volcanes en los que se puede observar de un modo permanente la materia eruptiva en estado de incandescencia y, por decirlo así, dispuesta á desparramarse fuera de los cráteres, es también cierto que sólo ocurre su salida durante las crisis de los focos subterráneos, que no suelen ser frecuentes. En cambio, las emanaciones volátiles ó gaseosas, muy abundantes cuando los volcanes se hallan en su paroxismo, persisten mucho tiempo después de haber cesado la fase eruptiva. La mayoría de los volcanes que pudiéramos creer apagados, si sólo consideramos como activos los que arrojan lavas, materias sólidas, cenizas y escorias, son por espacio de siglos enteros foco de desprendimientos de gases ó vapores. Los de los Andes, tan notables por sus enormes dimensiones, jamás han despedido materias en fusión, al menos en su mayoría; pero de sus cráteres salen en abundancia deyecciones sólidas, escorias, fragmentos de rocas, empujadas por la fuerza elástica de los vapores que de continuo vomitan.

Puede pues decirse que, más bien que las lavas cuyo estudio ha sido no obstante tan fructuoso, las emanaciones volcánicas gaseosas constituyen el fenómeno más constante y más característico de los volcanes. Sin embargo, por espacio de mucho tiempo no se ha pasado de considerar el papel mecánico ó físico que se atribuía, en rigor con razón, á los vapores así desprendidos en las erupciones. No se había dejado de reconocer que estos vapores no tenían la misma composición química en todas ellas, pero creíase que semejante divergencia dependía de circunstancias locales particulares de cada foco eruptivo (1). La gran ley descubierta por C. Sainte-Claire Deville, que demuestra que las variaciones de que hablamos están en relación con el grado de la actividad volcánica, y que marcan, por decirlo así, las fases de esta actividad en un mismo foco, no podía presumirse mientras un análisis minucioso no hubiera aprovechado los recursos de la química perfeccionada para seguir metódicamente la marcha de estas variaciones. Es interesante saber cómo ha nacido y se ha desarrollado poco á poco esta rama de la ciencia de los volcanes. M. Fouqué, uno de los físicos contemporáneos que más ha contribuído á sus últimos progresos, trazaba del modo siguiente su historia en su cátedra del Colegio de Francia:

“El examen de las materias volcánicas volátiles ha nacido con la química y ha seguido sus progresos. Casi inmediatamente después de la publicación de los grandes descubrimientos que inauguraron la química moderna á fines del siglo pasado, Spallanzani y Volta trataron de comparar los gases de las emanaciones volcánicas con los que se pueden producir artificialmente en los laboratorios. Sobre todo Spallanzani visitó en 1788 con tal objeto el Vesubio, el Etna y el Stromboli, é hizo varios experimentos.

(1) Por esto, dice M. Velain, el Vesubio debía arrojar constantemente ácido clorhídrico y cloruros, al paso que el azufre y sus compuestos predominaban en el Etna, el ácido carbónico en los grandes volcanes de proyección de los Andes, etc.

Gay-Lussac en 1806, Davy en 1814 y 1819 llevaron sus reactivos y sus instrumentos de análisis á las vertientes del Vesubio, y estudiaron particularmente las humaredas que flotan sobre las lavas incandescentes. Desde entonces se estudiaron los productos de las fumarolas á cada nueva erupción. Monticelli y Covelli, Pilla, de Buch, Breislack, Abich hicieron sucesivamente investigaciones sobre estos fenómenos. Prosiguióse el examen químico de estas materias no tan sólo en el Vesubio, sino también en otros muchos centros eruptivos, habiéndolo efectuado Boussingault hasta en la cima de los volcanes de los Andes, cuyas deyecciones gaseosas recogió y analizó. La erupción del Etna en 1854 deparó á Elías de Beaumont la ocasión de verificar un trabajo erudito, en el cual ocupa un lugar muy importante el estudio de los productos volátiles. La Memoria publicada en 1847 por el ilustre profesor sobre las emanaciones volcánicas y metalíferas y el excelente tratado publicado por Bischof hacia la misma época forman digno coronamiento de todas esas eruditas y laboriosas investigaciones, y al mismo tiempo, como el punto de partida de una era nueva. En el período que comienza en esta fecha y que se prolonga hasta los momentos actuales, progresan más y más la precisión de los experimentos y la exactitud de los sistemas de observación, habiéndoles dado gran impulso Bunsen y C. Sainte-Claire Deville.,,

En efecto, ya en 1844 analizaba Bunsen los gases de los volcanes islandeses y nuestro ilustrado compatriota estudiaba poco después los *lagoni* de Toscana, y sucesivamente, de 1855 á 1867, las fumarolas del Vesubio, del Etna, del Stromboli, del azufral ó solfatara de Volcano y de las Azores. Siguiéron á continuación los trabajos de M. Fouqué, que completaron los de C. Sainte-Claire Deville, teniendo por teatro experimental los mismos focos volcánicos y además la reciente é interesante erupción de Santorín.

Veamos de dar una idea sucinta de los conocimientos actuales acerca de este punto.

Las emanaciones volcánicas gaseosas que se escapan de los cráteres en actividad ó bien de otros respiraderos, como hendeduras del suelo, grietas de las lavas, etc., comprenden, además del vapor de agua que forma su parte más voluminosa, los gases siguientes: ácido clorhídrico, ácidos sulfúrico y sulfuroso, sulfhídrico, carbónico, gas hidrógeno y gases hidrocarbonados. Obsérvanse en ellos además vestigios de compuestos salinos, como cloruros de sodio, de potasio, de hierro, plomo, cobre, etc., que desprendiéndose en estado volátil de la lava incandescente, se condensan en seguida por enfriamiento, y luego se depositan en las paredes de las grietas, en las anfractuosidades de las hendeduras, en forma de abundantes depósitos cristalinos, matizados de vivos colores.

Todas las substancias que acabamos de enumerar (y se ha de tener en cuenta que nuestra enumeración es incompleta) se encuentran en las lavas, y se desprenden sucesivamente de ellas en las fumarolas que se escapan de sus intersticios, desde el momento de su emisión hasta aquel en que, completamente enfriadas ó poco menos, marcan el fin del período eruptivo. Pero ¿en qué orden se efectúa su aparición, qué relaciones existen entre las fumarolas de varias clases, entre sus temperaturas, sus distancias al foco y la época en que se producen? Estas cuestiones, resueltas experimentalmente, son las que han inducido á C. Sainte-Claire Deville á formular la ley á que antes hemos aludido, y que vamos á enunciar, introduciendo en ella las modificaciones reconocidas por sus sucesores y discípulos, los cuales son hoy maestros.

Según esta ley, las fumarolas de las erupciones pueden distinguirse en muchas cate-

gorías, que son las siguientes si se las clasifica por el orden de sus temperaturas decrecientes:

La primera categoría de estas emanaciones está caracterizada por la temperatura más alta que se observa en los focos eruptivos; se desprenden, ya de los cráteres mismos, ó bien de la lava incandescente, no encontrándose nunca más que en las corrientes principales, allí donde la temperatura excede de la de fusión del cinc, y llega y hasta pasa de la de fusión del cobre. Dejan en las rocas inmediatas un depósito blanco formado por vía de volatilización, en cuya estructura cristalina microscópica se reconoce, además de la sal de sodio, sulfatos y carbonatos de sosa y también de potasa. M. C. Sainte-Claire Deville había dado á esta primera categoría el nombre de *fumarolas secas*, porque había notado la carencia constante de vapor de agua. Posteriormente, las observaciones y experimentos de Fouqué durante la erupción del Etna en 1865 le han demostrado claramente que las fumarolas de temperatura muy elevada están con frecuencia muy cargadas de vapor de agua y demás vapores ácidos (1).

Figuran en la segunda categoría las *fumarolas ácidas*, que se conocen por la acidez de los vapores emitidos, y están compuestas principalmente de ácidos sulfuroso y clorhídrico, cloruros de hierro, y algunas veces, aunque pocas, de ácido sulfhídrico con acompañamiento de gran cantidad de vapor de agua. Su temperatura, que es también muy elevada, pasa por lo común de 400°, aunque es inferior á la de fusión del cobre. Se las encuentra en la cresta de los canchales laterales de los regueros, y dejan alrededor brillantes depósitos de percloruro de hierro y de clorhidrato de amoníaco. En ciertos casos, como en la erupción del Etna en 1869, faltan el azufre y sus compuestos.

Siguen á continuación, por lo general en la parte exterior de los regueros y nunca en los cráteres, las *fumarolas alcalinas*, cuyos gases dan un color azul muy subido á la tintura de tornasol, y que están á menor temperatura que las anteriores, hallándose comprendida entre 400° y 100°. Están formadas de clorhidrato y de carbonato de amoníaco. Como las fumarolas de esta tercera categoría están en las partes más pendientes, donde la vegetación abunda, se considera que el carbonato procede de las materias orgánicas de los vegetales descompuestos por los regueros de lava incandescente. En cuanto al clorhidrato de amoníaco, pertenece á la lava misma, y en efecto, se encuentran abundantes depósitos de él en los flancos de los cráteres, en ciertos puntos en que la cantidad de materia orgánica descompuesta es demasiado insignificante para que se pueda atribuir á ella su presencia.

Las fumarolas de la última categoría, cuya baja temperatura es de menos de 100°, por cuya razón llevan el nombre de *fumarolas frias*, no suelen contener más que vapor de agua puro; sin embargo, á veces contienen escasas proporciones de ácido carbónico, ó también de ácido sulfhídrico, y gas de los pantanos (2). Caracterizan el término de la erupción, pero pueden persistir largo tiempo en las hendeduras y en los bordes de la lava.

(1) Según este físico, la distinción que conviene hacer entre ambas clases de emanaciones es la siguiente: las fumarolas secas surgen en la superficie de las lavas incandescentes; las materias más volátiles se escapan rápidamente á la atmósfera, al paso que saliendo las otras de puntos más profundos en que la temperatura es siempre muy alta, el desprendimiento de estas materias persiste mientras duran.

(2) Esta clase de desprendimientos fueron causa de las enormes oleadas que se observaron en el mar durante la erupción del Vesubio en diciembre de 1861. "Al pie del Vesubio y enfrente de Torre del Greco, dice Fouqué, se notaron en el mar inmensos hervores, causados por el desprendimiento de una mezcla gaseosa cuyo principal elemento era el hidrógeno protocarbonado."