

Se da el nombre de *mofetas* á las emanaciones gaseosas que se componen de una mezcla en proporción variable de nitrógeno y oxígeno, además de gas ácido carbónico y vapor de agua.

Las *solfataras* ó *azufrales* no son otra cosa sino antiguos focos volcánicos cuya actividad en su menor grado está caracterizada por continuos desprendimientos de fumarolas frías sulfhídricas. En ellas se advierte una interesante prueba de la persistencia de las lavas, tanto más digna de llamar la atención cuanto que las emanaciones de que hablamos son causa de importantes explotaciones industriales.

Antes de entrar en algunos detalles sobre las mofetas y las solfataras, terminemos haciendo algunas observaciones sobre las fumarolas volcánicas y su clasificación. La distinción establecida entre las diferentes clases de fumarolas que acabamos de enumerar, no aparece tan clara, tan marcada en la naturaleza como lo indican los caracteres en virtud de los cuales se especifica cada una de ellas. Así es que las fumarolas secas de C. Sainte-Claire Deville no son más que un caso particular de las fumarolas del primer orden reconocidas por Fouqué, á las que se puede considerar también como fumarolas ácidas de temperatura bastante elevada para volatilizar las sales de potasa y de sosa; al paso que en las ácidas ordinarias ó de segundo grado el descenso de la temperatura hace imposible esta volatilización. Así también las fumarolas alcalinas son fumarolas ácidas poco activas, y por último las de vapor de agua pura no son otra cosa sino alcalinas de escasa potencia privadas de sus elementos salinos. La lava líquida en estado de incandescencia suministra en definitiva todos los elementos que se encuentran en las emanaciones gaseosas; mas á medida que baja su temperatura, el número de los elementos susceptibles de volatilización disminuye y el que se encuentra en las fumarolas sucesivas decrece otro tanto.

“Las sales alcalinas, dice Fouqué, son las primeras que faltan; el percloruro de hierro desaparece en seguida, y la proporción de ácido clorhídrico llega á ser bastante escasa para que el carbonato de amoníaco procedente de la descomposición de los vegetales la neutralice las más de las veces; finalmente, todos estos elementos acaban por faltar del todo, siendo el vapor de agua el último que queda.”

## VIII

### SOLFATARAS Y MOFETAS

Acabamos de ver que algunas de las emanaciones gaseosas de los volcanes, constituidas por los gases llamados permanentes, se pierden en la atmósfera; pero que otras muchas substancias, que únicamente podrían volatilizarse por efecto de una temperatura más ó menos elevada, se condensaban en forma cristalina á causa del enfriamiento. El cloruro de sodio, los de hierro y de cobre, el clorhidrato de amoníaco, las sales de potasa y de sosa se depositan así, cuando las fumarolas han cesado, en las grietas de donde salen. Brillantes cristalizaciones, de colores varios según su composición, tapizan las rocas inmediatas. En el Vesubio y en el Etna se han visto tan abundantes depósitos de clorhidrato de amoníaco ó de cloruro de sodio, que los conos de ambos volcanes estaban cubiertos de una capa blanca que cualquiera habría tomado por nieve. Como casi todas las sales de estos depósitos son solubles en el agua y delicuescentes, duran poco; una ligera lluvia, el rocío nocturno basta para hacerlas desaparecer.

Pero ciertas fumarolas que pertenecen á la última fase de la actividad volcánica con-

tienen, según hemos visto, además de vapor de agua, gases hidrosulfurados que producen principalmente depósitos de azufre. De aquí procede el nombre de *azufrales* ó *solfataras* (del italiano *zolfo*, azufre) dado á las regiones volcánicas en que se forman estos depósitos que la industria recoge; como también el nombre de *fase solfatárica*

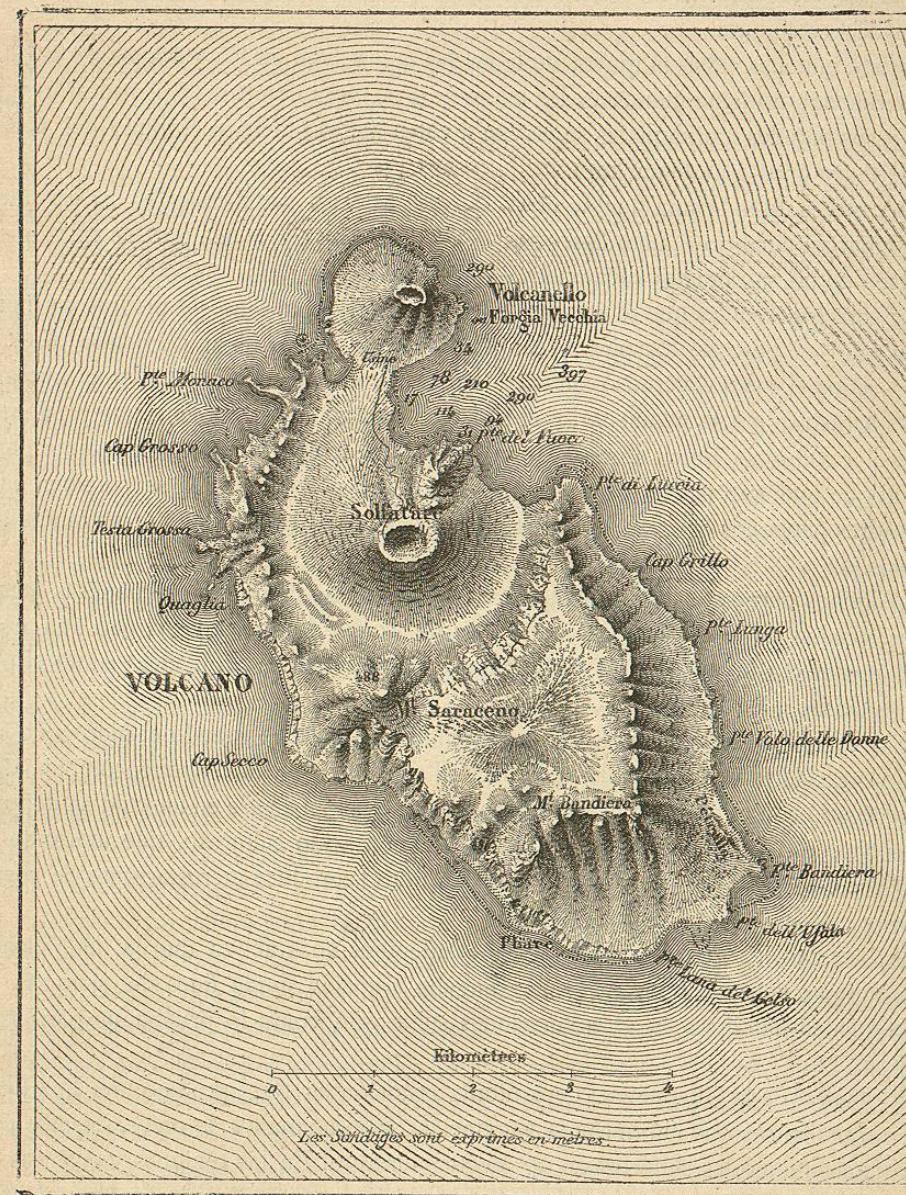


Fig. 154.—Isla de Vulcano: su solfatara

aplicado al último grado de actividad volcánica, el cual, conforme hemos visto, se caracteriza con frecuencia por su larguísima duración.

La solfatara de Vulcano (ó Vulcano), una de las islas Lipari, es notable, si no por la abundancia de sus productos, al menos por la energía y continuidad de las emanaciones gaseosas de su cráter. No todas sus fumarolas son frías, y M. Fouqué ha observado algunas cuya temperatura llega de 150 á 360° y que, además del azufre y del ácido bórico, dejaban como depósitos sulfuro de arsénico, cloruro de hierro y clorhi-

drato de amoníaco. El cráter de la solfatara tiene raras recrudescencias de acción eruptiva que, según se supone, están en relación, como las del Stromboli y como la de Pozzuoli, con las erupciones del Vesubio ó del Etna. Las dos últimas de estas fases ocurrieron en 1786 y en 1873, separadas, como se ve, por un intervalo de cerca de cien años. Eliseo Reclus, que estuvo en la isla de Volcano en 1865, describe como sigue el cráter de la solfatara:

“Esta inmensa cuba, la mayor de todas las que se ven en los volcanes de la Europa meridional, no tiene menos de dos kilómetros de circunferencia en el contorno superior, y sus paredes meridionales se elevan á cerca de 300 metros: el fondo del abismo puede tener unos 100 de anchura.

“A través de la bruma que se eleva de esta caldera, percíbense las escarpaduras, rojas como el cinabrio ó amarillas como el oro, rayadas acá y allá por los colores más diversos de las substancias sublimadas en ese gran laboratorio.

„Sobre los declives que se inclinan hacia el fondo del abismo, las piedras vacilantes ceden bajo el peso de los pies; y sin embargo, es preciso bajar corriendo, pues en ciertos sitios el suelo cavernoso abrasa como la bóveda de un horno. Varias humaredas se arrastran por la pendiente, y el aire está saturado de un gas en que predomina cierto olor sulfuroso, difícil de respirar. En el recinto se oye un rumor incesante parecido al que pudieran producir numerosos silbidos, y por todas partes se perciben entre las piedras pequeños orificios de donde parten ráfagas de vapor como otros tantos torbellinos.

„Algunos obreros, acostumbrados á vivir en el fuego como las salamandras legendarias, acuden allí á recoger las estalactitas de azufre dorado, que crujen aún en la mano por efecto del calor, y las finas agujas del ácido bórico, tan blancas como el plumón del cisne.”

La reacción que produce el azufre es sumamente sencilla: cuando el hidrógeno sulfurado mezclado con el vapor de agua llega al aire libre, se descompone, combinándose su hidrógeno con el oxígeno del aire para formar agua; el azufre en libertad se deposita en las paredes. Al mismo tiempo se forma también ácido sulfuroso, que atacando las rocas vecinas, lavas porosas de naturaleza traquítica, produce incrustaciones de yeso y alumbre con sus reacciones sucesivas.

La solfatara de Pozzuoli en los Campos Flégreos, más activa que la de Volcano, es un antiguo volcán que no ha tenido ninguna erupción desde fines del siglo XII. En la antigüedad había ya en él emanaciones sulfurosas, como lo prueba un párrafo de Strabón (1).

El azufral de la Guadalupe, cuya última erupción en 1843 produjo una fina lluvia de cenizas blancas que cubrieron la vegetación como un manto de nieve, despiden continuamente fumarolas sulfurosas á 96° de temperatura. En las regiones volcánicas del Asia central se hace mención de la solfatara de Urumtsi; en la isla de Java, del Pandayang, que saca su nombre (*fragua*), como la *Forgia Vecchia* de Volcanello, del silbido de los vapores que lanzan sus fumarolas; en la América central, del San Vicente, y por último, en México, del Popocatepetl (*montaña humeante*). Bajo el manto de nieve que alfombra los flancos exteriores de esta montaña, las paredes de su cráter

(1) “Precisamente sobre la ciudad se eleva una meseta conocida con el nombre de *Forum Volcani* y rodeada por todas partes de colinas metálicas, de la cual salen por numerosos orificios espesos vapores sumamente fétidos; además, toda la superficie de esta meseta está llena de azufre en polvo, sublimado al parecer por la acción de estos fuegos subterráneos.” (*Geografía*, lib. V, cap. IV, 6.)

se llenan de cristales de azufre. Dícese que Hernán Cortés, después de la toma de México, mandó recoger el azufre del Popocatepetl para fabricar la pólvora que necesitaban sus tropas. J. Laverrière, que en 1861 hizo una ascensión al cráter de dicho volcán, calcula en 8.000 quintales métricos la cantidad de azufre producida por la explotación industrial de la solfatara. En Volcano no se recogen más que unas diez toneladas anuales, aun comprendiendo el azufre que se extrae de las puzzolanas y de las escorias, que impregnándose de azufre cristalino ó pulverulento, forman un verdadero mineral. El producto de las emanaciones y condensaciones suele ser insignificante. Según Amadeo Burat, “los experimentos y cálculos hechos para apreciar la explotación posible del azufral de la Guadalupe, uno de los más ricos en apariencia, han demostrado que su producto no podía pasar de ocho á diez toneladas por año.”

A pesar del interés científico que las solfataras ofrecen, no pueden bastar, como se ve, para suministrar el azufre necesario para la fabricación de la pólvora, de los diferentes productos químicos y sobre todo del ácido sulfúrico. En ciertos depósitos estratificados se encuentra también azufre en estado nativo; en las capas margosas y calizas, y á menudo bituminosas, de Sicilia se encuentran numerosos depósitos de esta clase; el azufre se presenta en ellas en montones lenticulares, en venillas, en geodas cristalinas, mezclado con yeso y con estronciana sulfatada. El producto anual de azufre en bruto en Sicilia no baja de 250.000 toneladas: allí la explotación no recoge solamente el producto cotidiano de las emanaciones volcánicas, sino también las masas acumuladas probablemente del mismo modo por espacio de millares de siglos de actividad subterránea, por cuanto ya hemos dicho que la formación del Etna se remonta á la época terciaria.

Los *soffioni* de Toscana (1) son emanaciones que salen por grietas del suelo de origen volcánico, bajo el aspecto de columnas de vapores blanquecinos cuya temperatura varía entre 110° y 140°. Estas emanaciones contienen, además de vapor de agua, hidrógeno sulfurado, ácido carbónico y en especial ácido bórico. Acumulándose las aguas pluviales alrededor de estos respiraderos, forman junto á ellos pequeñas lagunas, que son célebres con su nombre italiano de *lagoni*. Los *soffioni*, chapoteando por decirlo así en aquellas aguas, las saturan de varias substancias minerales contenidas en sus vapores, como azufre, yeso (alabastro de Volterra) y el ácido bórico (2), que allí se recoge industrialmente y que tan precioso es para la fabricación de barnices cerámicos.

El último gas, que juntamente con el vapor de agua pura persiste en las emanaciones volcánicas que marcan la disminución de la actividad de los focos, es el ácido carbónico. Como es un gas irrespirable, se da el nombre de *mofetas* á las fumarolas que lo despiden. En este caso, la temperatura ha bajado hasta ponerse al mismo grado termométrico que la del aire ambiente.

El antiguo y funesto renombre del lago Averno, situado en la región eminentemente volcánica de los Campos Flégreos, tuvo sin duda origen en los desprendimientos de ácido carbónico de dicho lago. Es sabido que, según las tradiciones antiguas, las aves no podían atravesarlo, pues al volar por encima de él, caían asfixiadas. Si en

(1) En Monte Cerboli, al Sur de Volterra, cerca de Florencia, y también en Monte Rotondo, en Castel Nuovo.

(2) Se empezó á recoger este ácido, dice A. Burat, evaporando el agua por el combustible; luego se ocurrió la idea de regularizar el chapoteo de los *soffioni* escogiendo los más ricos en ácido para saturar las aguas y evaporando en seguida el agua por el calor de los *soffioni* menos ricos. Desde esta época, la fabricación del ácido bórico ha aumentado considerablemente en Toscana, y hoy se la calcula en 30.000 quintales métricos al año.

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 Slammat. 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.