

bich, han obtenido ya felices resultados en sus investigaciones acerca de la estructura de estas tan variadas rocas volcánicas.

Las emisiones gaseosas deben en gran parte su formación á vapores de agua pura; y condensándose dan nacimiento á fuentes ó manantiales como las que sirven á los cabreros de la isla de Pautelaria. En la mañana del 26 de Octubre de 1822 se vió salir de una de las fisuras laterales del cráter del Vesubio una corriente que por algun tiempo se creyó que fuese de agua hirviendo; pero examinándola mas de cerca Monticelli, halló que era solo una corriente de ceniza seca de lava reducida por el frote á menudo polvo, que corria como finísima arena.

La aparición de la ceniza que se eleva en el aire, lanzada por los vapores, á la manera de una columna inmensa que oscurece la atmósfera por espacio de algunas horas, y aun de dias enteros, viene de ordinario á poner término á las grandes erupciones, bañando, por decirlo así, de ceniza las hojas de los árboles, y dañando particularmente á las viñas y á los olivares. Esta columna ascendente de ceniza es la que describe Plinio el Menor en su célebre carta á Tácito, comparándola á un pino que no tenga mas ramos que los de la copa.

El resplandor que se divisa mientras duran las erupciones de escoria, y el brillo rojizo de las nubes situadas por encima del cráter, no son verdaderas llamas, ni pueden atribuirse á la combustion de gas hidrógeno; son, si, reflejos de la luz de las masas incandescentes lanzadas por el volcan á grande altura, y provienen tambien del mismo cráter, que ilumina los vapores ascendentes.

Por lo tocante á las llamas que se han visto salir del seno del mar, como en tiempo de Estrabon, durante las erupciones de volcanes situados cerca de la costa, ó poco antes del solevantamiento de una isla nueva, no tenemos explicacion ninguna satisfactoria que proponer á los lectores.

Preguntar qué cosa quema en los volcanes, investigar lo que engendra el calor, funde los metales y las rocas, y produce las corrientes de lava de gran espesor que conservan una temperatura muy alta aun al cabo de algunos años de su salida del cráter, vale tanto como tener ya prejuzgada la cuestion; pues á lo menos se admite implícitamente que todo volcan supone la existencia de un monton de materias combustibles, propias para alimentar su actividad, del mismo modo que los lechos de carbon de piedra alimentan incendios subterráneos. Siguiendo las diversas fases recorridas por las ciencias químicas, vemos que los fenómenos volcánicos se han atribuido sucesivamente al betun, luego á las piritas ó á una mezcla húmeda de azufre y de hierro pulverizados, y despues, ya á piróforos naturales, ya á los metales alcalinos y térreos. Apresurémonos á decir que el célebre

químico sir Humphr y David, á quien debemos el descubrimiento de los metales alcalinos, ha renunciado espontáneamente á su hipótesis química en su última obra titulada: *Consolations in travel and last days of a Philosopher*, que no puede leerse sin experimentar un profundo sentimiento de tristeza. La comparacion de la densidad media de la tierra (5.44) con los pesos específicos mucho menores del potasio (0.86)5, del sodio (0.972), y de los metales térreos (1,2): la falta de hidrógeno en las emanaciones gaseiformes de las fisuras volcánicas ó de la lava todavía caliente, juntamente con otras muchas consideraciones químicas, se hallan en manifiesta contradiccion con las antiguas ideas de Davy y de Ampère. Si la erupcion de la lava originase desprendimiento de hidrógeno ¡cuán enorme no debería de ser la masa de gas desprendido, cuando la lava que sale de un cráter de erupcion cubre comarcas enteras y adquiere un espesor de muchos centenares de piés donde quiera que la detiene algun obstáculo! Tales fueron, no obstante, segun Mackenzie y Soemund Magnusen, las consecuencias de una erupcion ocurrida en Islandia al pié del Skaptar-Jökul, desde el 11 de Junio al 3 de Agosto de 1785. ¿Por ventura, querrá recurrirse para apuntalar la ruinosa hipótesis de una combustion subterránea, á la introduccion del aire en el interior de los volcanes, ó á una inspiracion de nuestro planeta, como metafóricamente han dicho algunos? Pues en este caso nos encontramos con dificultades análogas á las anteriores; porque si en aquella suposicion era el hidrógeno el que faltaba entre las producciones de los volcanes, en esta otra es el azoe, del cual apenas se encuentran vestigios en sus exhalaciones.

Desengañémonos: actividad tan prodigiosa y tan generalmente esparcida por las entrañas de la tierra, no puede tener su origen en las reacciones químicas que se operan al contacto de determinadas sustancias, propias tan solo de ciertas localidades. La nueva geognosia prefiere buscar la causa de semejante actividad en el calor central de nuestro globo, cuya existencia se revela en la superficie por el rápido crecimiento de la temperatura en todas las latitudes, á proporcion que se profundiza en la corteza terrestre, y cuyo origen se remonta á las épocas cosmogónicas en que nuestro mismo planeta vino á quedar formado por la condensacion progresiva de una parte de la atmósfera nebulosa del sol. Ya lo hemos insinuado varias veces: la ciencia de la Naturaleza no es una árida acumulacion de hechos aislados, ni puede ser limitada por los estrechos términos de la certidumbre matemática, antes bien debe elevarse á miras generales y concepciones sintéticas. ¿Por qué no ha de poder el espíritu humano subir hácia los tiempos pasados arrancando del presente, adivinar por conjeturas lo que no le es dado demostrar, proseguir, en fin, la resolucion del problema en

todo tiempo planteado á su actividad, aun bajo las variadas formas de los mitos de la geognosia? Si los volcanes son para nosotros *manantiales intermitentes*, aunque irregulares, de donde brota una mezcla fluida de óxidos metálicos, de álcalis y de tierra, á virtud de la enérgica presion de los vapores elásticos; y si estos manantiales igneos corren tambien, sosegados y apacibles, do quiera que las masas liquefactas han hallado una salida permanente, ¿podemos olvidar cuán prócsimo estuvo Platon á estas ideas, cuando este gran filósofo asignaba á las erupciones volcánicas y al calor de las fuentes termates, una sola causa, universalmente esparcida por las entrañas de la tierra y simbolizada por un rio de fuego subterráneo, por el *Pyriphlegethon*?

Los volcanes, independientes del influjo de los climas en su manera de reparticion geográfica, se han dividido en dos clases esencialmente distintas: *volcanes centrales*, y *cadena volcánicas*. "Los primeros forman siempre el centro de un grupo de volcanes secundarios asaz numerosos y regularmente dispuestos en todas direcciones, al paso que los de las cadenas volcánicas están escalonados á cortas distancias en una misma direccion, á la manera de chimeneas formadas en una gran falla ó quiebra.

Esta segunda clase se subdivide á su turno en otras dos: ó bien los volcanes de una misma cadena se elevan del fondo del mar en forma de islotes cónicos, y en este caso se hallan por lo comun distribuidos al pié de una cadena de montañas primitivas que sigue la misma direccion; ó bien están situados en la línea culminante de esta cadena primitiva, cuyas cimas forman." El Pico de Tenerife, por ejemplo, es un *volcan central*; porque es el centro de un grupo al cual pertenecen las islas volcánicas de Palma y de Lancerote. El inmenso baluarte natural que se estiende desde la parte meridional de Chile hasta la costa norte-occidental de América, á las veces simple, y á las veces dividido en dos ó tres ramales paralelos reanudados de trecho en trecho por angostas articulaciones transversales; la cadena de los Andes, para decirlo de una vez, pues de ella hablamos, nos ofrece en grande escala el ejemplo de una cadena volcánica situada sobre la tierra firme. La prócsimidad de los volcanes activos se anuncia constantemente en esta cadena por la repentina nivelacion de ciertas rocas (dolerita, melafiro, trachito, anderita, porfido diorítico) que han atravesado las primitivas, los terrenos de transicion formados de arcilla ó de piedra arenisca, y las estratas ó capas recientes. De esta observacion deduje yo, mucho tiempo ha, que las susodichas rocas esporádicas han debido ser asiento de antiguos fenómenos volcánicos y causa determinante de las erupciones. Al pié del gigantesco Tunguragua, cerca de Peñipe (á orillas del Rio-Puella) vi clara y distintamente

por primera vez una roca volcánica que atravesó una capa de micaschisto asentada sobre el granito.

Cuando los volcanes de las *cadena volcánicas* del Nuevo Continente se hallan muy prócsimos, ecsiste entre ellos cierta conecion. Parece que la actividad volcánica se propaga lentamente en el Perú, de muchos siglos á esta parte, en direccion de S. á N. El foco general se estiende por debajo de toda la meseta que forma la provincia de Quito, abriéndose de trecho en trecho respiraderos que establecen comunicacion entre este foco y la atmósfera: tales son los volcanes del Pichincha, del Cotopaxi y del Tunguragua; sus elevadas cumbres y su pintoresca distribucion forman el cuadro mas grandioso que puede hallarse en una region volcanica tan cerrada.

Es, por lo tanto, indudable que las estrechidades de estas cadenas volcánicas se hallan relacionadas entre si por comunicaciones subterráneas; y las numerosas pruebas que justifican este aserto nos traen á la memoria una frase muy notable de Séneca, que dice: «Un cráter no es otra cosa mas que la salida de las fuerzas volcánicas que obran á grande profundidad.»

La igual dependencia mútua ecsiste entre los volcanes de la meseta mexicana, el Orizava, el Popocatepetl, el Jorullo y el Colima, situados todos en la misma direccion sobre una gran falla que se ha estendido transversalmente de uno á otro mar, entre 18° 39' y 19° 12' de latitud septentrional. Precisamente fué en esa misma direccion, reconocida y señalada por mí, y sobre la misma falla, donde surgió el volcan de Jorullo el 29 de Setiembre de 1759 á 1841 piés sobre las murallas circunvecinas. Este volcan no ha vomitado lava mas que una sola vez, así como el monte Eponéo en la isla de Ischia, que tampoco ha tenido mas que una erupcion por los años de 1502.

Empero si el Jorullo, situado á 27 leguas de todo volcan activo, puede en verdad pasar por una *montaña nueva*, en el sentido propio de esta palabra, no debemos, sin embargo, asemejar su aparicion á la del Monte-Nuevo (19 de Setiembre de 1538), que no es mas que un simple *cráter de solevantamiento*. Mas exacta y mas natural me parece la comparacion, que ya antes habia yo hecho, de la súbita erccion del volcan mexicano, con el solevantamiento volcánico del pico de Metonia (hoy Metana) en la península de Trezena. Este último fenómeno, descrito por Estrabon y por Pausanias, dió origen en la brillante imaginacion de un poeta romano á consideraciones que sorprenden por su grande afinidad con las ideas actuales: «Cerca de Trezena se alza hoy un pico árido y escarpado que en otro tiempo era una llanura, y al presente se halla convertido en colina. Los vapores encerrados en sombrías cavernas pugnaban en vano por hallar salida; mas á su poderoso esfuerzo

infóse el suelo como una vejiga que se llena de aire, ó como un odre hecho con piel de cabra. Solevado así el terreno, ha conservado la forma de una alta colina que el tiempo ha trocado en dura roca.» El pico de Metonia se elevó entre Trezena y Epidaura en un paraje donde Russegger ha encontrado vetas de trachito; y su formación se remonta á 282 años antes de nuestra era, es decir, á 43 años antes de la separación volcánica de Terra (Santorin) y de Terasia. Bueno será añadir que cuantos hechos análogos forman ya parte del dominio científico, justifican la poética descripción que nos ha dejado Ovidio de aquel gran acontecimiento natural.

De todas las islas de erupción que forman parte de cadenas volcánicas, la más importante es Santorin. «Santorin es el tipo completo de las islas de solevantamiento. De 2000 años á esta parte, tan lejos como pueden remontarse la historia y la tradición, se está viendo á la naturaleza trabajar incesantemente para formar un volcán en medio del cráter del solevantamiento.» En la isla de San Miguel (una de las Azores) pasan también fenómenos semejantes, que se reproducen en periodos de 80 ó 90 años; mas no siempre el solevantamiento del fondo del mar ha ocurrido en los mismos parajes. La isla Sabrina, así llamada por el capitán Tillard, apareció el 50 de Enero de 1811, si bien los acontecimientos políticos de aquella época no permitieron por desgracia á las potencias marítimas de la Europa occidental prestar á este gran fenómeno toda la atención de que después fué objeto la efímera aparición de la isla Ferdinanda, ocurrida el 2 de Julio de 1851 en el mar de Sicilia, entre las costas calcáreas de Sciacca y la isla volcánica de Pantelaria.

El gran número de volcanes activos situados en las islas ó en las costas, y las erupciones submarinas que se reproducen aún de tiempo en tiempo, han dado origen á la idea de que la actividad volcánica se halla subordinada á la proximidad del mar, y á la creencia de que la una no puede desarrollarse ni subsistir sin la otra. «El Etna y las islas Eólicas, dice Justino, ó mas bien Trogue-Pompeyo á quien aquel ha extractado, están ardiendo muchos años há; ¿pues cómo podría durar tanto tiempo este fuego si el mar no le suministrase alimento?» Aceptando estas rancias ideas como punto de partida, se ha procurado en estos últimos tiempos fundar toda la teoría de los volcanes sobre la hipótesis de la introducción del agua del mar en sus focos, es decir, en las capas más profundas de la costra terrestre. Semejante teoría ha dado lugar á una discusión asaz complicada; mas, no obstante, después de bien considerados los datos que actualmente posee la ciencia, parece que puede reasumirse el debate reduciéndole á las siguientes cuestiones: «De dónde provienen los vapores acuosos

que incontestablemente escapan en gran cantidad los volcanes, aun en sus periodos de reposo: de las aguas saladas del mar, ó de las aguas dulces meteóricas?

¿Puede equilibrarse la fuerza de expansión del vapor acuoso que se desarrolla á diversas profundidades en los focos de los volcanes (á poco más de 5 leguas de profundidad: esta fuerza equivaldría á 2800 veces la de la atmósfera), con la presión hidrostática de las aguas del mar, y permitirles en ciertos casos libre acceso á los focos volcánicos?

La producción de una gran cantidad de cloruros metálicos, la presencia de la sal marina en las grietas de los cráteres, y la del ácido hidrocórico libre en el vapor acuoso que de ellos se desprende, ¿suponen necesariamente la intervención de las aguas del mar?

¿Se halla determinada la inactividad de los volcanes, ya sea temporal, ya permanente y definitiva, por la obliteración de los canales que hayan conducido primitivamente hácia sus focos las aguas del mar ó las aguas meteóricas?

Por último, y principalmente, ¿cómo conciliar la carencia de llamas y de gas hidrógeno durante el periodo de actividad (no debe perderse de vista que el desprendimiento de hidrógeno sulfurado es propio de los solfatares mas bien que de los volcanes activos), con la hipótesis que atribuye esta misma actividad á la descomposición de una masa enorme de agua?

La discusión de estas importantes cuestiones no puede entrar en el plan de esta obra, y he debido, pues, limitarme á plantearlas. Mas ya que aquí se trata de la distribución geográfica de los volcanes, séame licito á lo menos restablecer en toda su integridad los hechos que no se han tenido bien en cuenta, al suponer que la proximidad al mar es una condición necesaria de la actividad volcánica.

En el Nuevo Mundo encontramos tres volcanes, el Jorullo, el Popocatepil y el Volcán de la Fragua, situados respectivamente á 27, 43 y 52 leguas de las costas oceánicas.

En el Asia central, casi á igual distancia del Mar Glacial y del Océano Indico (á 490 leguas del uno y 504 del otro), se extiende una gran cadena de montañas volcánicas, (el Thian-chan ó *Montañas celestes*, designadas por Abel Remusat á la atención de los geólogos), de las cuales forma parte el Pe-chan, que vomita lava, el solfatar de Urum-tsi, y el volcán, activo aún, del Turfan (Ho-tsen). El Pe-chan dista 448 leguas del Mar Caspio, y 57 y 70 leguas respectivamente de los grandes lagos de Issikul y de Balkasch; los escritores chinos han descrito sus erupciones, que en el siglo I y en el VII de nuestra era asolaron las vecinas comarcas, y es imposible dejar de reconocer las *corrientes de lava* cuando dicen: «Las masas de piedra liquifacida, no menos fluida que la manteca derretida, corrian hasta 10 li de distancia.»

Y últimamente, entre las cuatro grandes cadenas paralelas, el Altai, el Thian-chan, el Kuen-lun y el Himalaya, que atraviesan de E. á O. el continente asiático, las dos interiores, situadas á 355 y 240 leguas de los mares mas inmediatos, son cabalmente las que poseen volcanes que vomitan fuego como el Etna y el Vesubio, y escapan vapores amoniacales como los volcanes de Guatemala, al paso que no existe ninguno en la cadena mas inmediata al mar, en el Himalaya.

Los fenómenos volcánicos no dependen, pues, de la proximidad del mar en el sentido de que deban su origen á la introducción del agua en las regiones subterráneas; que si las costas ofrecen al parecer favorable asiento á las erupciones, débese esto á que forman los bordes de profundas llanuras ocupadas por el mar, y á que estos bordes, cubiertos solamente por capas de agua, y á mayor abundamiento situados á algunos miles de piés por debajo del interior de los continentes, deben presentar en general mucha menos resistencia que la tierra firme, á la acción de las fuerzas subterráneas.

La formación de los volcanes actuales cuyos cráteres establecen una comunicación permanente entre la atmósfera y el interior del globo, no debe ser de época muy remota, pues las capas mas elevadas de greda blanca, así como todas las formaciones terciarias, existían antes que estos volcanes, como lo demuestran las erupciones de trachito y los basaltos que forman por lo comun las paredes de los cráteres de solevantamiento. Los melafiros se extienden hasta las capas medias terciarias, pero comienzan ya á mostrarse debajo de la formación jurásica, atento que atraviesan la piedra arenisca abigarrada. Conviene no confundir los cráteres actualmente activos, con los derrames anteriores de granito, de pórfido cuarzosos y de eufotida, que se efectuaron por las fallas del antiguo terreno de transición.

La actividad volcánica puede desaparecer del todo, como ha sucedido en Auvernia; y á las veces cambia de lugar y busca otra salida en la misma cadena de montañas, en cuyo caso la extinción no es mas que «parcial.» Sin necesidad de remontarnos mas allá de los tiempos históricos, encontramos ejemplos de extinción «total» mucho mas recientes que los de Auvernia. En efecto, el Mosychlos, volcán situado en la isla consagrada á Vulcano, y cuyos «torbellinos de llamas» cita Sófocles, está actualmente apagado; y otro tanto puede decirse del volcán de Medina, que segun el testimonio de Burekhardt, vomitó el último torrente de lava el 2 de Noviembre de 1276.

Cada fase de la actividad de los volcanes desde su nacimiento hasta su extinción, se halla caracterizada por productos diferentes. El volcán vomita en primer lugar escoria incandescente, corrientes de lava compuesta de trachito, de

pirógeno y de obsidiana, fragmentos de piedra pomez y toba reducida á ceniza, acompañados de un desprendimiento considerable de vapores de agua casi siempre pura. Después el volcán se convierte en solfatar; y los vapores acuosos que emite van mezclados con hidrógeno sulfurado y ácido carbónico. Por último, el cráter mismo llega á enfriarse completamente, y solo escapa gas ácido carbónico. Hay, sin embargo, una clase especial de volcanes, tales como el Galunggung de Java, que no vomitan lava, sino torrentes devastadores de agua hirviendo cargados de azufre en combustión y de rocas reducidas á polvo. Antes de decidir si su estado actual es un estado normal ó una simple modificación pasajera de la actividad volcánica, es preciso esperar que los examinen geólogos iniciados en las doctrinas de la química moderna.

Hemos llegado al fin de la descripción general de los volcanes, que son una de las mas importantes manifestaciones de la actividad interior de nuestro planeta; descripción fundada, parte en mis propias observaciones, parte en los trabajos de mi amigo Leopoldo de Buch, el mayor geólogo de nuestra época, y el primero que ha reconocido la íntima conexión y mútua dependencia de los fenómenos volcánicos. Estos trabajos me han servido especialmente de guía en todo lo que se refiere á los contornos generales.

Descripción geológica

DE LA

CORTEZA DEL GLOBO.

Durante mucho tiempo se ha considerado la *vulcanicidad* (reacción del interior de un planeta contra su corteza) como un fenómeno aislado, como una fuerza local, notable solamente por su poder destructor. Estaba reservado á la nueva geognosia colocarse en un punto de vista mas elevado, y considerar las fuerzas volcánicas como *formando nuevas rocas* ó como *modificando las preexistentes*. En este punto de vista que ya antes hemos indicado, dos ciencias diferentes, la parte mineralógica de la geognosia (estructura y sucesión de las capas terrestres), y el estudio geográfico de la forma de los continentes y de los archipiélagos alzados sobre el nivel del mar, vienen á confundirse en una sola idéntica doctrina: la de la vulcanicidad. Si la ciencia ha conseguido reducir de este modo á una sola concepción dos grandes clases de fenómenos, débese á la dirección verdaderamente filosófica que siguen en la actualidad todos los geo-