



EL VOLCANISMO CHILENO



EL CALBUCO

I

Los ANALES DE LA UNIVERSIDAD han publicado en diversas fechas algunos artículos sobre los temblores, los terremotos i los volcanes de Chile; sin embargo, estos artículos son mas bien relaciones o descripciones de viajes que observaciones de física terrestre. Alejandro de Humboldt, en su libro *Ensayo jeognóstico sobre los yacimientos de las rocas dentro de los dos hemisferios*, se espresa así en lo que toca a las rocas volcánicas de la cordillera de los Andes: «Los resultados mas importantes que han presentado mis viajes en la zona volcánica de los Andes (1801-1804) se reducen a los hechos siguientes: todas las cumbres mas altas de las cordilleras son traquitas; los volcanes actuales obran todas por bocas abiertas en el terreno traquítico (1). Este terre-

(1) La espresion *traquita* es hoi un término jenérico, de manera que tenemos términos específicos para distinguir las varias traquitas, que son andesitas, dacitas, etc.; las mismas pueden tener hiperstena, aujita, amfibola, etc. Los feldespatos diferencian las traquitas; traquitas con sanidina, traquitas con andesina o andesitas con plagioclasas, etc.

no abraza por zona una gran parte de las cordilleras; pero baja rara vez a los llanos; i los volcanes aun encendidos, léjos de estar solitarios o asociados por grupos de forma irregular mas o ménos circular como en Europa, se siguen a la manera de los volcanes apagados de la Auvernia i de los cratères en actividad de la isla de Java, por filas, ora en una serie, ora sobre dos líneas paralelas. Estas líneas están dirigidas dentro el sentido del eje de las cordilleras. Ahí mismo donde las traquitas, por su acumulacion, no cubren el suelo por completo, se encuentran como esparcidos en pequeñas masas sobre la espalda i la cúspide de los Andes, elevándose bajo las formas de peñas puntiagudas a traves de las rocas primitivas i de transicion. Las traquitas i los basaltos se encuentran raramente reunidos, i estos dos sistemas de rocas parecen repelerse mutuamente. Verdaderos basaltos con olivina no forman capas intercaladas dentro de la traquita; pero cuando se encuentran surcándose de traquitas, son los basaltos i los mandelstein los que cubren estos últimos.

«Las rocas traquíticas tienen su asiento principal dentro el terreno de transicion, dentro de las grandes formaciones de sienitas i de porfirios, anteriores i posteriores a las *grauwackes* i a los *thonschiefer*, principalmente en la primera de estas formaciones, que cubre inmediatamente las rocas primitivas. Cuando en los Andes, las traquitas parecen cubrir granitos con amfibola o gneiss i micaesquitas verdes o esteatíticas, queda duda si estas últimas rocas, léjos de ser primitivas, no serian del terreno de transicion. Se puede considerar igualmente como problemático, si estas apariencias de retejamientos o de recobro, estas superposiciones de rocas traquíticas sobre formaciones pre-existentes no son simples oposiciones, i si la traquita, solevando i quebrando la antigua corteza del globo, no salió perpendicularmente bajo la forma de campanas o de fortalezas arruinadas. Las traquitas de los Andes que contienen perla i obsidiana son jeneralmente cubiertas por otras rocas volcánicas (fonolitas, basaltos, conglomerados, tufos de pomez). Algunas veces pequeñas formaciones locales, calcareosas o selenitosas que se pueden llamar terciarias, porque estan, por cierto, posteriores al terreno cretáceo, cubren las traquitas; pero en las partes bajas estas mismas traquitas de las cordilleras, princi-

palmente cuando no están recubiertas, son jeognósticamente ligadas de la manera mas íntima con los porfirios porosos i requebrajados del terreno de transición: porfirios sin cuarzo que contienen piróxeno i feldespatos vidriosos, algunas veces ricos en filones de plata, (página 315 de la 2.^a edición francesa—1826).

Alcide d'Orbigny (*Voyage dans l'Amérique méridionale, tome III—1842*) señala las rocas porfíricas i traquíticas de la cordillera chilena. «Por esta inmensa faja de rocas porfíricas que se dirige de norte a sur, i ocupa toda la vertiente occidental de las cordilleras, las formaciones perturbadas harían suponer que ella es posterior a los terrenos cretáceos, formando uno de los primeros relieves del sistema chileno entre el fin del período cretáceo i los primeros depósitos terciarios marinos.

«Las rocas traquíticas aparecen sobre la cadena de las cordilleras i acompañan con frecuencia las rocas porfíricas, ocupando la longitud de la cordillera. Se pueden considerar como perteneciendo a tres especies diferentes circunscritas en tres regiones distintas. La primera es una roca perfectamente micácea, mas o ménos compacta, de aspecto granítico a veces, no teniendo piróxeno (macizo entre las Peñas i Potosí en Bolivia).

«La segunda es una roca llamada porfirio basáltico; no es otra que una roca traquítica porfiroide lleno de cristales de piróxeno i de mesotipa, mas o ménos descompuesta, acompaña los conglomerados traquíticos i constituye los puntos elevados, los picos cónicos diseminados en las cumbres de la cadena occidental.

«La tercera especie se compone de conglomerados traquíticos blanquicos, formados de cristales de cuarzo i muchas veces de piedras pomez de gran dimension.

«Las rocas traquíticas han formado el principal relieve de las cordilleras representando el sistema chileno (d'Orbigny).

«El sistema chileno ha recibido su principal relieve de la erupción de las rocas traquitas.

«Posteriormente a las traquitas, ha venido sobre la cordillera la época de los volcanes, humeando todavía hoy día.

«Los volcanes en actividad, estando todos sobre la línea del sistema chileno, se puede suponer que han sido formados tal vez

al principio del período actual, posteriormente a la erupcion de las rocas traquíticas i de sus conglomerados (1).

«En resúmen las rocas de origen ígneo pertenecen en América meridional a tres grandes épocas: 1.^a *Las rocas graníticas anteriores a los terrenos cretáceos* formando trozos separados en el occidente de la cordillera. 2.^a *Las rocas porfiríticas posteriores a los terrenos cretáceos*, salidas al oriente de las rocas graníticas de la cordillera, atravesando los terrenos cretáceos, formando un primer relieve dentro la cadena. 3.^a *Las rocas traquíticas posteriores a los terrenos terciarios*, salidas al este de la faja granítica, formando la cadena de las cordilleras i parecen haberle dado su principal relieve ántes de la época actual.»

Claudio Gay, en su *Historia de Chile*, dice algo sobre los volcanes de la cordillera; sin embargo, no ha hecho observaciones personales sobre el volcanismo.

Don Ignacio Domeyko ha publicado en los ANALES DE LA UNIVERSIDAD (1853-1860-1869 1873) algunos artículos sobre los temblores i algunos estudios sobre las rocas volcánicas de Chile (*terremoto de 1868*, *Feldespatos de las lavas de volcanes chilenos 1853*, *Traquitas de Chile*. Mineralojía página 725). «Traquita. En masas inmensas, dice Domeyko, que constituyen los grupos volcánicos de toda la cordillera de los Andes, desde San José i Maipo, hasta Osorno i Calbuco; como tambien en los Andes en el desierto de Atacama, de Chañaral Alto para el Norte. Se distinguen entre infinitas variedades: 1.^o *Traquita porfirica sin olivina* que se divide en columnas como el basalto en todo el pasaje de la laguna de Mondaca hasta la Puerta i en la Puerta, al otro lado de los Andes (cordillera de Talca), en los alrededores del volcan de Antuco, al otro lado de la laguna del mismo nombre, i en muchas otras localidades. 2.^o *Traquita porosa, idéntica con la de Volvic en Auvernia*, del mismo color, pero no tan dura, en el valle de las Aguas Calientes, a inmediaciones

(1) A. de Humboldt, A. d'Orbigny i Pissis no han desconocido la gran formacion volcánica de los Andes i han distinguido perfectamente las varias rocas volcánicas de edades diferentes; la distincion de andesitas no ha sido ignorada de estos observadores con sus minerales accidentales piróxeno, anfíbola, hiperstena, feldespatos sódicos, etc.

del cerro nevado de Chillan. 3.º *Las lavas traquíticas*, unas porfíricas, otras escoriáceas, por lo comun.»

Continúa Domeyko citando las rocas volcánicas de la familia feldespató. «Pomez, en masas considerables en la Cuesta de las Cruces con obsidiana; en la laguna de Mondaca, en las inmediaciones de los volcanes apagados, en la superficie; en el Descabezado i Osorno; en fragmentos en la capa endurecida de cenizas traquíticas del llano de Santiago i del valle de Chocalan; i negruzca en medio de las cenizas volcánicas i el llano de Talca en el camino de Quechereguas a Talca.

La obsidiana blanca agrisada en corridas inmensas, en la Cuesta de las Cruces, cordillera del Descabezado; negra sin mucho lustre en la solfatara del Cerro de Azufre de Chillan; en brechas mui lustrosas, en medio de las masas traquíticas de la cordillera del Descabezado i en la línea divisoria de esta cordillera en la Puerta.»

«He aquí la composicion de tres traquitas situadas a grandes distancias unas de otras en las inmediaciones de los volcanes Tinguiririca, Descabezado i Antuco:

1.º *Traquitas prismáticas columnarias:*

	Tinguiririca	Descabezado	Antuco
Sílice.....	58.43	59.50	52.5
Alúmina.....	16.75	16.90	18.0
Óxido de hierro.....	11.00	7.32	14.5
Cal.....	4.94	6.00	8.8
Magnesia.....	3.27	3.01	3.7
Sosa.....	2.94	4.21	1.3
Potasa.....	0.05	0.04	0.2
Pérdida de peso al calor rojo...	1.00	2.70	—
	98.38	99.68	99.0

2.º *Traquitas porfíricas silicatadas que las anteriores.* Contienen por lo comun partículas de cuarzo que producen chispas al martillo; forman por lo comun bancos o capas mui gruesas que no se dividen en columnas. Hé aquí la composi-

cion de una de estas traquitas de la cordillera del Descabezado i del Cerro Azul:

Sílice.....	69.72
Alúmina.....	16.33
Óxido de hierro.....	4.64
Cal.....	1.73
Magnesia.....	0.20
Sosa.....	3.00
Potasa.....	1.30
Pérdida al calor rojo.....	11.3
	<hr/>
	98.05

3.º *Traquitas parecidas a las anteriores, pero que conservan todavía en su masa algo de lustre vítreo de obsidiana.* (Análisis de una muestra del cerro Azul):

Sílice.....	68.50
Alúmina.....	20.03
Óxido de hierro.....	5.50
Cal.....	5.65
Sosa e indicio de potasa.....	0.90
	<hr/>
	100.58

4.º *Traquitas porfíricas granitoídeas.* (Análisis de una muestra del Descabezado):

Sílice.....	62.86
Alúmina con una pequeña proporción de hierro.....	25.08
Cal.....	3.35 ¹⁰
Magnesia.....	1.40
Sosa.....	4.06
Potasa.....	0.55
Pierde en la calcinacion.....	1.55
	<hr/>
	98.85

5.º *Traquitas olivínicas*.—Se hallan en abundancia sobre todo en las cordilleras volcánicas meridionales de Chile i en las islas de Juan Fernandez i de Mas-Afuera.

6.º *Brechas traquíticas con obsidiana* en la parte noreste del gran macizo de los dos Descabezados. (ANALES DE LA UNIVERSIDAD, 1874, Domeyko.)

Domeyko, i mas tarde Pöppig, han estudiado el volcan Antuco; por estos observadores conocemos la estructura del volcan i los fenómenos de sus erupciones; en fin, los señores Meyen i Tschuddi han llamado la atencion de los naturalistas sobre un fenómeno de luz viva que proyectan los volcanes de Chile en las noches de verano.

El señor don Rodolfo Armando Philippi ha publicado algunas notas sobre los volcanes de Chillan (1868), de Osorno (1853); don Alfonso Stuyen, una nota sobre una antigua erupcion de Cauquén; en fin, en los ANALES DE LA UNIVERSIDAD se hallan algunas otras observaciones sobre temblores de Chile.

La *Jeografía Física de Chile* de Pissis contiene excelentes datos sobre los volcanes de la cordillera i las lavas que han arrojado durante su período de actividad.

«Las traquitas, dice Pissis, son mui comunes en Chile. Las hemos reconocido desde el golfo de Reloncaví hasta el desierto de Atacama. Estas rocas forman a veces grandes cúpulas como en el cerro de Colocalan, cerca de Santiago, o bien altas mesetas que parecen a lo léjos ruinas de antiguos castillos.

«Las rocas traquíticas se hallan situadas en Chile, sobre dos grandes líneas paralelas, una que sigue aproximadamente el eje de la cordillera de los Andes, i la otra la gran planicie longitudinal i su prolongacion al norte del cordon de Chacabuco. Las fonolitas se ven únicamente en la parte media i en el sur de Chile, ya sea en la cordillera de los Andes, ya en la planicie longitudinal. Las de la cordillera de los Andes se presentan siempre en las inmediaciones de los volcanes i forman las bases que sostienen los cerros de escorias, mostrándose de este modo cerca del volcan de Calbuco, desde donde se estienden hasta el golfo de Reloncaví i apareciendo tambien cerca de la laguna de Ranco.

«Se ven, bajo la forma de diques, en la cumbre de los cerros

de la Calera, de Tango i de Renca, siendo ellas las que forman el cerrito de Santa Lucía en la ciudad misma de Santiago.

«Las rocas volcánicas de Chile, dice Pissis, difieren apénas, por su composicion, de las traquitas i de las fonolitas; pero el modo como han llegado hasta la superficie de la tierra presenta algunos fenómenos que les son particulares i cuya aparicion corresponde a uno de los mayores cataclismos que han trastornado este territorio. La accion volcánica tuvo una intensidad estraordinaria.

«Es, en efecto, lo que parece resultar del estudio de las primeras rocas formadas durante este período, las cuales son retinitas i obsidianas i llenan el espacio de inmensas grietas por donde salía, al mismo tiempo, una enorme cantidad de materias que, proyectadas a grandes distancias, formaban con su amontonamiento cerros de bastante altura.»

Se formaron cenizas volcánicas, conglomerados; las cenizas endurecidas constituyen la domita. Estos conglomerados volcánicos forman, cerca de Santiago, las lomas de los Cerrillos i de Pudagüel, en las haciendas de Puangue, de la Junta i de Puro.

«La altiplanicie que sostiene los cerros volcánicos del Descabezado está cortada, de norte a sur, por un poderoso dique de retinita que principia en la laguna de Mondaca i se estiende mas allá del Cerro Azul. Esta retinita ocupa el hueco de la inmensa grieta por donde han salido las materias que forman el conglomerado plomizo que ocupa toda la parte superior de esta planicie: tal era entónces la dimension de los respiraderos volcánicos. Pero al enfriarse las materias que forman las retinitas, se han obstruido dichas grietas, quedando solo algunas pequeñas aberturas en comunicacion con el foco interior, que son las que han producido los volcanes actuales; i como las materias han sido proyectadas verticalmente por una abertura de poca estension, se han amontonado alrededor i formado los conos volcánicos.»

«El Descabezado Grande parece haber sido el primero de estos volcanes: no presenta ningun indicio de lava reciente i todo indica que fué mui pronto obstruido. Sobre la misma grieta de las retinitas, mas al sur, se abrió un nuevo respiradero el Cerro Azul, en el cual se manifiesta aun la accion volcánica. La

última erupcion se verificó en 1847; la parte noroeste de este cerro fué arrebatada por la lava, que recorrió un espacio de 10 kilómetros ántes de llegar a la laguna de la Invernada. En la misma planicie se ven otros dos cerros mas pequeños i modernos, uno es el Descabezado chico, el otro el cerro del medio; los dos han producido corrientes de lava.

«Los volcanes, continúa Pissis, están repartidos con mucha desigualdad en la cordillera de los Andes. Los volcanes de Coquimbo, de Limarí, de Choapa i de Aconcagua no són mas que cerros mui altos formados de traquitas o de rocas estratificadas, pero sin ningun vestijio de lava ni de escorias; el único punto donde se han hallado estas últimas, es el lugar llamado la Punilla, un poco al oeste del cerro de Doña Ana, en un pequenísimo respiradero que ha producido escorias piroxénicas, pero sin formar conos ni corrientes de lava.

«Al norte i sur de este trecho, es donde están situadas las dos rejiones volcánicas de Chile. La del norte principia por el Llullaillaco, volcan de gran elevacion, pues llega a 6,173 metros, situado bajo los grados 24.42 i por consiguiente mui cerca del límite norte de Chile. Viene en seguida el volcan de Doña Ines, no ménos notable, aunque mas bajo que el Llullaillaco. Estos dos volcanes son el principio de una gran rejion volcánica que se estiende mui al norte i comprende los volcanes de Bolivia i del Perú.

«La rejion del sur principia cerca del grado 33, i el primer cono volcánico que se encuentra está cerca de Santiago, en la cordillera de los Andes. Mas hácia al sur i en la línea de vertientes de los Andes, se eleva el grupo de los volcanes de Maipo, que ocupa todo el espacio comprendido entre el portillo de los Piuquenes i la laguna del Diamante. Este grupo consta de cuatro conos, i aunque hace ya mucho tiempo que no ha tenido erupciones, da aun hoi día algunas señales de actividad por la presencia de solfataras.

«Entre los grados 34 i 35 se halla el volcan Tinguiririca, en cuyas cercanías existe tambien una solfatara. Algo mas al sur empieza el grupo del Descabezado, el cual, ademas de los cuatro volcanes de que hemos hablado ya, comprende otros dos que ocupan la parte norte, el Cerro colorado i el volcan de Pe-

teroa. Este último se distingue por las grandes dimensiones de su cráter, cuyo diámetro tiene cerca de tres kilómetros i despiende humo mui a menudo, aunque parece que hace mucho tiempo que no ha producido lava.

«Otro grupo mas importante aun que el del Descabezado, se ve cerca de la laguna del Maule, donde forman los volcanes una especie de semicírculo que rodea la depression ocupada por esta laguna. Esta misma depression parece haber sido un gran respiradero, pues por todas partes está rodeada de piedra pomez, i por el lado oeste se ve un gran dique de obsidiana que se estiende al norte a cinco kilómetros. En el extremo de este dique, al oeste i al sur, se elevan los seis principales volcanes que forman este grupo. El mas notable es el de las Yeguas, cuya poderosa mole ocupa todo el espacio entre la laguna i el rio de la Puente; su cráter mui grande i bien conservado, contiene otro cono mas pequeño, que se levanta en el medio i está igualmente provisto de un cráter. Ninguno de los volcanes de este grupo presenta por ahora el menor indicio de actividad... En fin, al poniente de este semicírculo volcánico se levanta el Nevado de Longaví, otro volcan que parece mui antiguo. Cerca del grado 37 i algo al oeste de la línea anticlinal se levanta el pequeño grupo de los volcanes de Chillan, compuesto de dos grandes conos conocidos con los nombres de Nevado i Volcan Viejo, i de otro pequeño cono situado al este de estos últimos. Nótanse allí pocas pomez i conglomerados, pero los dos grandes conos se apoyan sobre una ancha capa de retinita que se estiende principalmente hácia el oeste, donde se halla cortado en diferentes mesetas por los valles que se han formado despues.

«El volcan de Chillan hizo erupcion en los años 1861 i 1864. Hacia mas de dos siglos que no se conservaba ninguna tradicion sobre la erupcion de este volcan; segun Pissis, las materias volcánicas, cenizas, polvos, lavas, llegaban a la superficie, no por una abertura circular, sino por una rasgadura dirigida de norte a sur.

«Al sur del grupo de Chillan, dice Pissis, los volcanes son aun numerosos, pero no aparecen reunidos en tan gran número. El primero que se encuentra es el volcan de Antuco, situado

bajo el grado 37.25' i al oeste de la línea anticlinal; preséntase como un magnífico cono que se levanta al extremo del valle de la Laja, hácia el cual se han dirijido todas las corrientes de lava que dimanan de él. Al este está en parte rodeado por el lago de la Laja, i luego por colinas de conglomerados de pomez que indican suficientemente que ha debido establecerse sobre algun antiguo dique de obsidiana. La última erupcion tuvo lugar en 1861, un poco ántes de la del volcan de Chillan.

«Siguiendo siempre al sur la cordillera de los Andes, se encuentra primeramente el volcan de Collaqui i luego el de Tri-lope. Cerca del grado 30 se elevan los dos conos del Lonquimai, i hácia al grado 39 levanta el Llaimas su cima nevada a una altura de mas de 3,000 metros. Este volcan tuvo una gran erupcion en 1864. Este cono tiene encima de su base una altura de mas de 2,000 metros. Al sur de Llaimas se ven el Villarrica, el Quetropillan, el volcan de Lajara, el Osorno i el Calbuco.

«Estos dos últimos estan situados enteramente al oeste de la cordillera de los Andes i se elevan inmediatamente por encima del lago de Llanquihue, cuya altitud no excede de 40 metros.

«Los volcanes comprendidos entre los grados 24 i 42, son en número de 34. En el intervalo comprendido entre los grados 33 i 42 se hallan aun 32, lo que da, como término medio, un volcan por cada distancia de 31 kilómetros.

«Se han designado como habiendo estado en erupcion, en diferentes épocas, el Minchimadon, el Corcobado i el Yantales, así como el volcan de San Clemente, situado en frente de la península de Tres Montes (1).»

«Las lavas de los volcanes de Chile se refieren todas a un mismo tipo; este tipo es el traquítico. Las mas modernas, las que provienen de las erupciones del cerro Azul, del pequeño Descabezado i del volcan de Chillan, estan compuestas de retinita escoriácea, en la que se hallan diseminados numerosos cristales

(1) *Jeografia Fisica de Chile*, 1 vol. 8.º-Paris, 1875, con un atlas.

de oligoclase; todas contienen cierta cantidad de hierro titanado, i las del Antuco encierran, ademas, olivina. Otras lavas mas antiguas, como las del volcan de Peteroa i del Osorno, presentan aun la misma composicion; solo la retinita ha perdido su brillo i se ha convertido en una materia semejante a la que forma la pasta de la traquita. En fin, las lavas mas antiguas, las que parecen ser productos de las primeras erupciones, son retinitas o fonolitas, porque estas dos rocas pasan a menudo de una a otra por modificaciones graduadas.»

Las líneas siguientes son dignas de las meditaciones de los jeólogos que hacen jeología sobre el terreno i que estudian la naturaleza fuera de sus gabinetes. Pissis traza a grandes rasgos la formacion del suelo del Chile.

«Si se consideran ahora, dice el sabio corresponsal de la Academia de Ciencias del Instituto de Francia, en su conjunto, las rocas plutónicas de Chile, se echa de ver que resultan de su estudio dos hechos principales: primeramente, la uniformidad de la composicion elemental de todas estas masas, que solo difieren unas de otras por el modo con que se han agrupado en ellas los elementos químicos: mezclando, con la fusion, los elementos que constituyen el granito, se obtendria una materia vítrea cuya composicion no diferiría de las lavas mas modernas, mas que por una proporcion mayor de sílice, hallándose en ella las mismas bases i los mismos metales como el hierro i el titano. El segundo hecho se refiere al modo de inyeccion de estas masas fluidas, impelidas del interior hácia la superficie por fuerzas desconocidas, pero obrando todas en direcciones determinadas; estas fuerzas han roto i levantado las partes sólidas, produciendo así grandes rasgaduras, cuyos bordes han formado el primer trazado de las cordilleras de montañas. Las mas antiguas de estas rasgaduras han sido formadas despues del depósito de terreno siluriano, i se refieren a inyeccion de las masas que han producido los granitos; su orientacion es casi del nortenoeste al sur-suroeste, que es la misma que la de las estratas del terreno siluriano; entónces fué cuando se formó el primer trazado de la cordillera marítima de Chile. En los períodos que siguen se producen aun, segun la misma orientacion, las

rasgaduras por donde se escapan las sienitas i cuyos bordes dibujan los primeros trazos de la cordillera de los Andes. (1)

«Desde esta época aparece el suelo de Chile como uno de esos anchos respiraderos que ponen en relacion el interior del globo con su superficie. Luego mas tarde, hácia el fin del depósito de las capas permianas, viene un nuevo sistema de rasgaduras a agregarse a las que llenaban los granitos i las sienitas, siendo por ellas por donde se escapan las hiperstenitas; orientadas casi de oeste a este, forman los primeros eslabones que ligan los Andes a la cordillera marítima; luego, hácia principios de los depósitos cretáceos, está el suelo rasgado aun en otro sentido, i los pórfidos cuarcíferos aparecen por estas nuevas rasgaduras orientadas de norte-noroeste al sur-sureste. Las huellas de esta dislocacion se hallan a cada paso en la cordillera de los Andes, donde crestas de gran altura i profundos valles se orientan en la misma direccion. Cuando las rocas volcánicas aparecieron

(1) POSICION GEOGRÁFICA I ALTURA DE LOS PRINCIPALES VOLCANES DE CHILE SEGUN PISSIS

Volcan de Pular, $24^{\circ} 16' 6''$ lati.; $2^{\circ} 32' 16''$ lonj.... ..	
" de Llullaillaco, $24^{\circ} 41' 41''$; $2^{\circ} 19' 11''$	6,173 metros.
" de Doña Ines, $26^{\circ} 33' 10''$; $1^{\circ} 59' 50''$	5,559 "
" de Maipo, $33^{\circ} 44' 38''$; $0^{\circ} 25' 21''$	5,947 "
" de Tinguiririca, $34^{\circ} 49' 49''$; $0^{\circ} 15' 7''$	4,478 "
" de Peteroa, $35^{\circ} 12' 26''$; $0^{\circ} 3' 2''$ O.....	3,115 "
" Descabezado, $35^{\circ} 45' 49''$; $0^{\circ} 9' 57''$ O.....	3,888 "
" Descabezado Chico, $35^{\circ} 29' 50''$; $0^{\circ} 0' 6''$ O...	3,330 "
" de las Yeguas, $35^{\circ} 50' 18''$; $0^{\circ} 16' 48''$ O.....	3,657 "
" de Longaví, $36^{\circ} 13' 15''$; $0^{\circ} 39' 41''$ O.....	3,181 "
" de Chillan, $36^{\circ} 48' 26''$; $0^{\circ} 52' 58''$	2,904 "
" de Antuco, $37^{\circ} 23' 15''$; $0^{\circ} 47' 44''$	2,762 "
" de Collaqui, $37^{\circ} 53' 25''$; $0^{\circ} 51' 56''$	2,972 "
" de Lonquimai, $38^{\circ} 17' 6''$; $1^{\circ} 2' 53''$	2,935 "
" Llaimas, $38^{\circ} 45' 42''$; $1^{\circ} 10' 51''$	3,011 "
" Villarrica, $39^{\circ} 26' 52''$; $1^{\circ} 23' 12''$	2,877 "
" Osorno, $41^{\circ} 8' 29''$; $1^{\circ} 52' 16''$	2,119 "
" Calbuco, $41^{\circ} 14' 5''$; $1^{\circ} 10' 30''$	2,628 "

en la superficie, presentaba el suelo de Chile tres sistemas de dislocaciones, que fueron las vías que siguieron para derramarse por el suelo; pero, sobre todo, por estos puntos de entrecruzamientos de las rasgaduras pertenecientes a estos diferentes sistemas i que ofrecían, por lo mismo, ménos resistencia, es por donde se derramaban en masas mas considerables i formaron esas rejiones volcánicas escalonadas de distancia en distancia sobre la línea sienítica que ocupa el eje de los Andes. Entónces es cuando se manifiesta por primera vez un órden de fenómenos que caracteriza aun en nuestros días la erupcion de las masas volcánicas: fluidos elásticos se escapan de ellas con violencia i proyectan a grandes distancias las partes mas o ménos fluidas que se desprenden, siendo siempre el agua en estado de vapor la que forma la casi totalidad de esos fluidos. Ora llegue a ponerse en contacto de las masas ardientes por medio de las numerosas grietas que resultan de la dislocación del suelo, ora se halle allí desde el oríjen en estado de combinacion, el hecho es que, a medida que se acerca la lava a la superficie i disminuye la presión, la mayor parte de esta agua se desprende bajo la forma de vapor i produce las esplosiones que proyectan las escorias.

«Las masas que han producido las rocas volcánicas, empezaron a llegar a la superficie del mismo modo que las demas masas plutónicas, es decir, por medio de largas i anchas rasgaduras, de donde se estendian por el suelo, formando vastas capas de materia abrasada. La cantidad de materias proyectadas entónces estaba en relacion con la estension de esos focos volcánicos; despues se han estrechado gradualmente esas aberturas por la consolidacion de las materias esparcidas, quedando solo un pequeño orificio, a cuyo alrededor se han amontonado las escorias que forman los conos volcánicos.

«Al comparar las circunstancias que han acompañado la inyeccion de las masas volcánicas con las que se refieren a las demas rocas plutónicas, se echa de ver que las primeras han debido ser arrojadas del interior por la accion de una intensidad mucho mayor, i que han llegado a la superficie con una temperatura mas elevada; por consiguiente, si fuerzas mas débiles han podido romper i levantar las capas sólidas, con mayor

razon las materias volcánicas habran producido efectos semejantes, siendo a éstas a las que deben referirse los mayores levantamientos que han contribuido a formar la cordillera de los Andes (1).»

De Humboldt traza a grandes rasgos los caracteres orográficos i petrográficos de las rocas volcánicas de los Andes (2); Pissis, por lo que acabamos de citar, ha entendido de una manera admirable la estension de las manifestaciones volcánicas en los Andes de Chile. Pissis ha hablado el lenguaje de la educacion clásica, es decir, que ha llamado, con sus contemporáneos i sus maestros, *traquitas* lo que ahora llamamos andesitas, dacitas, etc. El sabio autor de la *Jeografía Física de Chile* ha distinguido claramente las varias rocas volcánicas de la cordillera; importa poco que no las haya denominado por la nomenclatura actual; lo importante es que las haya distinguido. Tampoco ha desconocido Pissis la presencia de las traquitas con hiperstena (andesitas hipersténicas), con aujita o con anfíbola que algunos petrólogos se atribuyen como descubrimientos suyos. Pissis era un observador de talla que estudiaba la naturaleza, i no un jeólogo de cámara, observando piedrecitas sin relacionarlas con la estratigrafía del país.

Mas o ménos en lo que acabamos de esponer se resumen nuestros conocimientos sobre los fenómenos volcánicos de Chile. Ademas, podríamos agregar las teorías del señor don Rodolfo Falb, renovadas i amplificadas de las de Alexis Perrey sobre los terremotos i temblores; podríamos aun agregar las observaciones sobre los movimientos sísmicos que se hacen en el Observatorio Astronómico de Santiago i las observaciones personales de su director sobre las desviaciones de la vertical por las oscilaciones del suelo.

«La inmensa muralla natural, dice A. de Humboldt, que se estiende desde Chile meridional hácia la costa N. O. de la América, ora simple, ora dividida en dos o tres ramas paralelas,

(1) *Jeografía Física de la República de Chile* (Jeolojía), Paris, Ch. Delarave, 1875.

(2) De Humboldt ha señalado las andesitas dentro las rocas traquíticas de los Andes, nombradas así por Leopold de Bach.

unidas de trecho en trecho por estrechas articulaciones transversales, la cadena de los Andes, en una palabra, nos ofrece, sobre gran escala, el ejemplo de una *cadena volcánica* situada sobre la tierra firme. En esta cadena la cantidad de volcanes activos es constantemente anunciada por los afloramientos casi repentinos de ciertas rocas (dolerita, melafira, traquita, andesita, porfirio diorítico) que han atravesado las rocas primitivas, los terrenos de transición i las estratas recientes. Esta observación me ha conducido desde hace tiempo a admitir que las rocas esporádicas que vengo de enumerar, han sido el asiento de antiguos fenómenos volcánicos i la causa determinante de erupciones (1).

III

¿Qué se sabe, fuera de las jeneralidades, de los volcanes apagados de la Cordillera, del Llullaillaco, de Doña Ines, del Maipú, del Tinguiririca, del Descabezado, del Osorno? ¿Qué sabemos del Calbuco? Poca cosa.

Hablando del macizo de Osorno, Pissis dice: «Un portillo muy bajo i casi al nivel del llano reúne este cordón con el volcán del Calbuco, de donde se prolonga hasta el golfo de Reloncaví, i al sur de Jaimes se ven el Villarrica, el Quetropillan, el volcán de Lajara, el Osorno i el Calbuco. Estos últimos están situados enteramente al oeste de la Cordillera de los Andes i se elevan inmediatamente por encima del lago de Llanquihue.»

Pissis coloca el Calbuco en los 41°, 20', 5" de latitud sur i 1°, 59', 8" de longitud del meridiano de Santiago; don Francisco Vidal Gormaz da al Calbuco una posición de 41°, 21', 2" de latitud sur i 72°, 38', 31" de longitud O. de Greenwich.

Astaburuaga, refiriéndose al volcán Calbuco (*Diccionario Geográfico de Chile*), dice: «macizo nevado de colosal tamaño, de forma jibosa i ancha base, poblada de espesos bosques, de la cual arrancan ramificaciones que rematan al N.O. en el lago de Llanquihue i se enlazan por las otras partes con los montes inmediatos: su nombre indígena es Quillaiepe o Quillepu.»

(1) *Cosmos*, 1.^a parte, páj. 273 trad. M. Faye, París, 1847.

Pisis da al Calbuco una altura de 1,792 metros, i la comision hidrográfica chilena, 1,691 metros de altura.

«La tradicion no conserva ningun recuerdo de que el Calbuco haya quemado durante el período histórico; sin embargo, los excursionistas que han recorrido su base, lo han considerado como un volcan apagado a causa de su constitucion jeolójica; pero ninguno se había atrevido a subir a la cumbre del monte. Sin embargo, don Cárlos Juliet ascendió al volcan por su ladera N.E. en Febrero de 1872, sin llegar al cráter; en el mes de Marzo del mismo año, dos intrépidos excursionistas emprendieron i ejecutaron la ascension del Calbuco i verificaron que era un volcan. Estos dos excursionistas que llegaron a la cumbre del volcan, son M.M. Roberto Christie i Dawton. El señor Dawton descendió al cráter con arrojo temerario que casi le cuesta la vida; perdió en su empresa sus ropas e instrumentos, i solo pudo volver a la cima despues de 48 horas de trabajos inauditos.»

«El cráter del Calbuco, segun Mr. Dawton, tiene la forma de un pentágono irregular, un tanto alargado de O. N.O a E. S.E., con un diámetro de mas de 2,000 metros. La altitud sola del brocal, segun una observacion barométrica, es de 1,691 metros 6 centímetros; sin embargo, el picacho occidental mas elevado fué estimado en 46 metros 3 centímetros, lo que da al Calbuco una altura de 1737 metros 9 centímetros sobre el nivel del mar.

El cráter del Calbuco, cuando lo visitó Mr. Dawton, se presentaba bastante cóncavo; tenia en su fondo un montículo notable, cubierto de nieve i grandes rasgaduras, profundas en su rededor, que constituyen precipicios insalvables, que daban al volcan la apariencia de cierto estado latente, confirmado por las emanaciones gaseosas que se desprendian de ellas.» (ANALES DE LA UNIVERSIDAD.—Juliet-Gormaz 1872.)

El Calbuco era considerado como un volcan apagado; sin embargo, desde el principio de este año 1893 (febrero) ha salido de su largo estado latente i ha dado señales de su actividad. Empezó por arrojar en la atmósfera columnas de vapor de agua por la rejion oriental, luego brotaron del cráter inmensas llamaradas acompañadas de broncos ruidos subterráneos, i despues enorme emision de cenizas i polvos volcánicos; en los meses de

setiembre i octubre, la erupcion ha tomado proporciones notables. La erupcion del Calbuco que principió con el año 1893, no está aun concluida hoi 23 de noviembre; ha sido una de las mas largas i mas notables erupciones que estudiar, por la complejidad de los fenómenos que se han manifestado en ella. Segun las noticias que nos traian los periódicos de las villas cercanas del volcan, a la lluvia de cenizas ha sucedido el derrame de lavas sobre las vertientes de la montaña; pero me parece que ninguno se ha acercado suficientemente al volcan para averiguar la salida de las lavas. La temperatura del suelo ha crecido; las corrientes de agua han cambiado de direccion, i su caudal, los ruidos subterráneos, movimientos del suelo i tempestades internas acompañan los relámpagos i los sonidos siniestros del trueno.

IV

Entre los fenómenos que nos ofrece la naturaleza, ninguno es mas imponente que un volcan en actividad, desplegando en convulsiones tremendas su ira destructora: brama, se cubre de fuego, lleva el incendio i desolacion a sus alrededores; siembra montones de cenizas que sepultan las cosechas; hace temblar i estremecer la tierra, conmueve a los animales, espanta i aterroriza al hombre. La incógnita de su nacimiento, de su origen, de sus verdaderas causas, de sus terribles efectos, en todos los tiempos ha despertado la curiosidad de los sabios i de los filósofos, como ha ocupado la imaginacion de las naciones i de los poetas. Cornelio Severo, Lucrecio, Virjilio, han dedicado algunos versos a los volcanes conocidos de la antigüedad.

Cuando una erupcion debe estallar, ella se anuncia por una emision de vapor de agua i de gases; la tierra tiembla; se oyen ruidos subterráneos; las aguas minerales se alteran en su composicion; el réjimen de las aguas superficiales experimenta alteraciones; el nivel de los lagos, de los pozos, cambia repentinamente; los gases internados bajo el suelo se derraman en la atmósfera; columnas de humo que salen del volcan se elevan a considerables alturas; los gases combustibles se queman en el aire, produciendo grandes llamas; el humo mui luego se carga de

cenizas, i el incendio abrasa los productos que arroja el volcan; el trueno, el rayo, manifestaciones de las tempestades internas estallan tambien en la atmósfera; la naturaleza enfurecida amenza el cielo i la tierra. Estos fenómenos (primer período de la erupcion) son seguidos de otros aun mas tremendos i mas destructores: el volcan proyecta fragmentos de rocas candentes i masas en fusion lanzadas con esplosion en medio de relámpagos i de truenos; estas masas suben, se dividen, se ensanchan i caen sobre la montaña o son arrastradas a distancias notables de su punto de críjen.

Durante estas crisis violentas, estas convulsiones de la naturaleza; durante este tremendo alumbramiento del volcan, las materias incandescentes del foco interno, las lavas, son impulsadas hácia la chimenea. Solevantadas por la fuerza elástica de los gases i arrojadas del volcan por su desembocadura o cráter estravasando el cráter, las lavas se derraman sobre las vertientes de la montaña volcánica, con una velocidad en relacion de la fuerza de impulsión que las ha echado fuera del interior; corren, algunas veces como torrentes impetuosos, algunas veces con lentitud, parecidas a un rio de fuego calmado i tranquilo. La emision de la lava es el último período del paroxismo del volcan; con ella los movimientos del suelo cesan, las deyecciones decrecen, las convulsiones subterráneas se calman i el volcan pasa poco a poco a un nuevo período de calma i de tranquilidad.

El Calbuco pasa por la sucesión de los fenómenos volcánicos que acabamos de citar.

La abundancia de cenizas arrojadas por el Calbuco denota la violencia de la erupcion. Las cenizas i arenas volcánicas (1)

(1) «La arena de los volcanes contiene ordinariamente miriades de pequeños cristales de aujita. De aquí se ha concluido que estos cristales llegaban formados por la lava. Pero es mui posible que se hayan desarrollado en el acto mismo de la pulverización de la lava durante las esplosiones. Cuando se estudian al microscopio los materiales de las arenas volcánicas, se reconoce que contienen un número mui notable de vacuolas i de inclusiones vidriosas. La arena volcánica no resulta solo de proyecciones verticales. Algunas veces se ven salir del cráter verdaderos rios de arena.

Las cenizas volcánicas representan la lava en su mayor estado de división;

resultan de las lavas reducidas a polvo, o bien de los materiales de la montaña que ha dado salida a los productos volcánicos. Estas cenizas son a veces tan abundantes que cubren el horizonte de un velo impenetrable al sol; impulsadas por el viento, pueden trasportarse a distancias mui considerables.

Las cenizas del Calbuco i de otros volcanes resultan de la esplosion de los materiales del foco volcánico. Unos admiten que estas cenizas i arenas provienen de la trituracion mecánica de las rocas internas, lavas u otras, sin indicar el modo de division; otros, que estos materiales pulverulentos son el resultado de la division o granulacion de la lava fundida por la accion del vapor del agua. No admitimos, para el Calbuco, ni una ni otra de estas esplicaciones.

Para mí las cenizas del Calbuco son el resultado de la trituracion por esplosion de la masa mineral que yace en el interior del volcan, que ha estallado i volado en polvos. Sentamos esta proposicion: *Las cenizas volcánicas arrojadas por el Calbuco resultan de la destruccion de las andesitas.* Vamos a probarlo.

Las cenizas del Calbuco que tenemos a la vista nos han sido entregadas por nuestro respetable Rector de la Universidad, señor don Diego Barros Arana; son de color gris verdoso. Examinadas al microscopio ordinario i al microscopio de polarizacion, se distinguen sus minerales componentes: se ven pequeños cristalitos de feldespato plajioclase, que los mineralojistas llaman andesina, variedad, por unos, del oligoclase, por otros, especie distinta; este feldespato en astillas, amorfo o cristalizado, constituye la masa principal de la andesita i, por consiguiente, de las arenas i cenizas volcánicas. Él da a la ceniza su color claro; el piróxeno aujita es el mineral mas abundante, despues el feldespato; el fierro oxidulado o magnético que se separa fácil-

contienen todos los elementos de éstas. Son pequeños cristales, enteros o rotos, de feldespato, de aujita, de fierro magnético, de leucita, agregados de microlitos, donde dominan el fierro oxidulado i la aujita; en fin, masas considerables de gránulos i esquirlas de una materia vidriosa. Muchas veces a los pequeños cristales acicularios de aujita se adhieren gotas de un vidrio poroso que se ha pegado cuando estaba aun viscoso.» (Traduccion de Lapparent, jeología.) Tal es la opinion de Mr. de Lapparent i de la mayoría de los volcanistas.

mente por un imán, es relativamente abundante; además, he observado algunas hojitas de hiperstena, brillantes i amarillentas; de manera que los minerales constituyentes de las cenizas son los mismos de las andesitas, es decir, feldespato plajioclaso (andesina, etc.,) aujita, magnetita hiperstena, anfíbola, etc.

He lavado una cantidad en volúmen de 1, se ha separado por esta operación $\frac{3}{4}$ de polvo fino gris; $\frac{1}{4}$ de arena negra conteniendo astillas i cristales blancos de feldespato i mucha aujita; de esta arena negra he separado la magnetita.

En las cenizas no he encontrado granulaciones vidriosas que deberían existir si la arena procediera de la pulverización o granulación de la lava fundida por el agua o el vapor de agua.

Para dar aun más fuerza a mi demostración, he pulverizado dos ejemplares de andesita salida del volcán, uno al aire i el otro soto al agua. Los polvos así obtenidos me han dado los mismos resultados al exámen microscópico que las cenizas arrojadas por el volcán, i además el color de esos polvos artificiales era el mismo que el de las cenizas (1).

No queremos entrar en más detalles sobre la composición mineralógica de las cenizas del Calbuco; lo que acabamos de

(1) Las *traquitas* comprendían ántes las rocas volcánicas ásperas, ácidas; hoi día este nombre es más restringido, i se llaman *traquitas* las rocas en las cuales domina el *ortoso*, variedad vidriosa, *sanidina* o riacolita, conteniendo con frecuencia *tridimita*.

La *traquita* está constituida por una pasta microlítica áspera, porosa, en la cual se ven gruesos cristales quebrados de *sanidina* i cristales más chicos de plajioclasa, de anfíbola, aujita, mica negro, magnetita, etc. Leopoldo de Buch ha dado el nombre de *andesitas* a las rocas porfiroides de la familia traquitica en las cuales domina el *feldespato plajioclaso* llamado *andesina*; las *dacitas* son andesitas cuarcíferas. Las verdaderas *andesitas* están caracterizadas por cristales de plajioclasa con inclusiones vidriosas, i láminas i cristales de biotita, anfíbola o aujita i otros minerales entre una pasta de microlitas feldespáticas.

Los feldespatos son caracterizados por un clivaje mui fácil, paralelo a la basa p , i por un otro, ménos fácil segun la cara lateral $g1$; en el feldespato potásico, el ángulo de p con $g1$ es recto, de aquí el nombre de *ortoso* u *ortoclaso*, en los otros feldespatos, los clivajes son oblicuos uno sobre el otro, son dichos feldespatos plajioclasos; la *sanidina* es monoclinica, ortoclasa; la *andesina* triclinica, plajioclasa. Así el tipo *traquitico con ortoso dominante* comprende las *liparitas* o *traquitas* cuarcíferas, *traquitas* ordinarias, *domitas*,

esponer basta para demostrar que estos polvos volcánicos no han sido fundidos ántes de reducirse en materiales pulverulentos, los que venimos de estudiar por medio del microscopio (1).

VI

Ahora vamos a demostrar que los fenómenos violentos de una erupcion son debidos a la esplosion de las rocas dentro del foco mismo del volcan.

Los gases encerrados en el interior de la tierra con su excesiva tension, i el vapor de agua que circula por las fallas i las cavidades subterráneas, son lanzados a la atmósfera por las grietas, los agujeros que se abren i por las bocas de los cráteres. La enorme cantidad de vapor de agua arrojada por el volcan se trasforma en lluvia favorecida por la baja presion barométrica.

El volcan Calbuco ha arrojado inmensa cantidad de vapor de agua como lo prueban el humo salido del cráter i las nubes formadas por éste.

El humo i el vapor de agua desprendidos de las lavas i de las cenizas, tienen un rol importante en este asunto. Ya hace tiempo, en mi curso de seismolojía en la Sorbonne (Paris) he desarrollado mi opinion sobre los volcanes i los fenómenos volcánicos. Para mí, las cenizas resultan de la esplosion de los mate-

sanidófiras; el tipo *traquítico con plajioclasa dominante* comprendiendo *andesitas, dacitas*. Michel Levy et Fouqué colocan las traquitas en la familia de las *sienitas*, como tambien Rosenbusch las *andesitas* dentro los porfirios andesíticos, familia de las Kersantitas, etc., etc.

(1) El empleo del microscopio al estudio de los minerales i de las rocas no es una cosa nueva; los nombres de Leeuwencock, de Nicol, de Baker, Ledermuller, Dolomieu, Fleurian de Bellevue, Cordier, Dufrenoy, Brongniart, Nordenskiöld, son conocidos de los micrógrafos. Los minerales i las rocas en placas han sido estudiados al microscopio por Sorby (1856-1858), Vom Roth (1860), Gerhardt (1861), Reusch (1863), Vogelsang (1870), Zirkel (1870). Senarmont, Des Cloizeaux, Ischermak, Rosenbusch Michel Levy, Fouqué, Lacroix, Fuchs, Fischer, von Lasaulx, Mac-Pherson, Velain, Mallard, Doelter, etc.

Yo he aplicado el microscopio desde 1862 al estudio de las rocas de los Pirineos orientales.

riales del foco volcánico; estos materiales, rocas cualquiera, que tienen una proporción mas o ménos considerable de agua, llegando a una alta temperatura, el agua i los gases que encierran adquieren altas presiones avaluadas a algunos millares de atmósferas, i entónces estos materiales estallan, vuelan, hacen esplosion i se reducen a pedazos, a polvo, a cenizas proyectadas fuera del volcan por presiones enormes que los levantan con energía i los lanzan a grandes alturas i a grandes distancias. Todos sabemos que si echamos un ladrillo mojado dentro del foco de un alto-horno, se produce una terrible esplosion.

La violencia de la erupcion está en relacion con la abundancia i la proyeccion de las cenizas; una erupcion con salida solo de lavas con pocas cenizas, es una manifestacion volcánica de una otra índole que una erupcion con abundantes cenizas.

Jeneralmente las erupciones de volcanes, despues de un largo período de calma, son notables por la abundancia de cenizas; son las arenas i las cenizas de la erupcion del Vesubio del año 79 las que han sepultado a Pompeya, Herculano i Stabias; los polvos volcánicos arrastrados por los vientos llegaron hasta Constantinopla i al Ejipto; a veces las cenizas por su acumulacion forman montañas de considerable altura.

La intervencion del agua en los fenómenos volcánicos se deduce de lo que vengo esponiendo.

Las cenizas arrojadas por el Calbuco, con piedrecitas, resultan desde luego de la pulverizacion por esplosion de las rocas traquíticas, andesíticas, etc., que constituyen los materiales del volcan; un exámen de estas cenizas al microscopio nos da los elementos de la roca de donde proceden, es decir, cristales mui pequeños de feldespato plajioclasa, astillas feldespáticas, cristallitos de aujita, de anfíbola, de hiperstena, de magnetita, etc. Un análisis químico o microscópico de las cenizas no puede decir mas sobre los fenómenos volcánicos que lo que acabamos de esponer.

La roca volcánica, teniendo agua es un esplosivo, i su esplosion arroja el agua al estado de vapor, llegando a la atmósfera acompañada de fragmentos pulverizados del vehículo sólido; algunos de estos vehículos o rocas son arrojados sin despedazarse en polvo al estado de bombas volcánicas. La presencia del

agua en las rocas no se puede negar; las lavas mismas contienen una proporción notable de agua. El impulso de abajo hacia arriba de las lavas líquidas o pastosas en el interior del volcán, la proyección de las cenizas a alturas considerables, son fenómenos debidos a la fuerza elástica de los gases endógenos i del vapor de agua; la fase violenta de la erupción es el período explosivo que precede de ordinario a la salida de las lavas líquidas.

Las relaciones del interior de la tierra con la atmósfera, base de la jeodinámica, han sido puestas en evidencia por los trabajos de Stoppani, Rossi, Daubrée, Fernandez del Castro, Estanislao Meunier, etc.

La fuerza explosiva del vapor de agua i de los gases subterráneos, nos ha mostrado su importante i terrible potencia en algunos fenómenos volcánicos de intensidad tremenda que vamos a recordar, a fin de tener una idea exacta de las fuerzas desplegadas en una erupción de un volcán.

Sabemos ya que el calor interno, cualquiera que sea su origen, vaporiza el agua, dilata los gases, funde las rocas, lanza a la superficie torrentes de lavas, vapores abundantes, aguas termales, produce explosiones, hace estallar las rocas, en fin, enjendra los fenómenos volcánicos i sísmicos que tantos estragos hacen a la superficie de nuestro globo; citaremos tres casos recientes de estas tremendas fuerzas subterráneas almacenadas bajo la profundidad de la tierra. Serán la comprobación de la potencia explosiva del vapor de agua.

La erupción del *Krakatoa* (26 a 27 de agosto de 1883), que principió el 20 de marzo de 1883 para concluir en la explosión del 27 de agosto, es un ejemplo notable de la potencia explosiva de los gases internos. El *Perboewaton* entra el primero en erupción. Después el *Danan* (26 de agosto); la explosión del 27 de agosto determina la desaparición de la parte norte del *Krakatoa*; este monte de 822 metros de altura, ocupaba antes 33 kilómetros cuadrados, de los cuales 23 han desaparecido, no quedando hoy mas que 10 kilómetros cuadrados. El volumen de los materiales sólidos arrojados ha sido calculado en 13 kilómetros cúbicos; las cenizas han sido arrastradas en dirección N. N. O. a distancias que varían de 855 a 915 kilómetros i en

direccion S. O. a 1,200 kilómetros; la superficie que han cubierto es de 750,000 kilómetros cuadrados. Los ruidos breves, violentos, secos, crepitantes, semejantes a ruidos de artillería, se propagaron hasta Ceylan, Birmania, Manilla i la costa occidental de la Australia.

El Krakatoa lanzó primero cenizas mas o ménos húmedas, despues fango mezclado con arenas volcánicas i *agua de mar*, piedras pómez; las materias mas gruesas han caido dentro de un círculo de 15 kilómetros de radio; fragmentos han sido lanzados a una distancia de 40 kilómetros; en fin, polvos mui finos han hecho la vuelta del mundo.

La célebre erupcion del *Tarawera*, (10 de julio de 1886) en la Nueva Zelanda, volcan apagado que se abrió a la vez por sus tres conos *Tarawera*, *Wahanya Wairoa*, cubrió el pais de sus deyecciones, cenizas finas de piedras pómez, piedras candentes, llamas, ascendiendo a mas de 350 metros de altura, torrentes de vapor de agua. No hubo lavas derramadas. La erupcion principi6 en el *Wahanya* i se ha continuado por la esplosion del *Tarawera*; se formó una inmensa grieta hácia el oeste del *Tarawera* hasta el *Wairoa* de la cual salieron varios geysers.

La erupcion del Monte Bandaï, 1,500 metros de altura (4 de julio de 1888) es notable por la esplosion de la montaña lanzada en el espacio; pueblos enteros han sido sepultados; torrentes de vapor de agua han destruido las comarcas vecinas; verdaderas lluvias de cenizas abrasadoras han cubierto espacios inmensos; nubes de polvos negros, calientes, oscurecen la atmósfera; torrentes de fango se derraman; pero ni llamas, ni lavas se desprenden del volcan. El fenómeno volcánico ha sido una esplosion debida a la expansion del vapor de agua; la fuerza esplosiva lanzó en el espacio toda la parte mediana de la montaña, i de la parte arrojada por la esplosion salian torrentes de vapor de agua, formando nubes abundantes. Un bloque de andesita ha sido lanzado a 3 kilómetros, bien que mediando 250 metros cúbicos.

Estos tres ejemplos de esplosion volcánica, dan la prueba mas evidente de la fuerza de expansion del vapor de agua, de su intervencion en los fenómenos volcánicos i de la cantidad

considerable de agua vaporizada que una erupcion arroja en la atmósfera.

Se podrian citar muchos otros ejemplos de cráteres de esplosion: en América, el Carguairazo, el Cosiquina, el Capac-Urcus han sido destruidos en algunas horas.

El pico de Timor (India) hizo esplosion en 1638, i un lago se forma en su sitio; el Papandajan (Java) fué destrozado en 1772 en una sola noche, i sus deyecciones sepultaron 40 pueblos. En la misma isla de Java, los volcanes Ringgit (1586), Wilis, Timboro, (1835), etc. han volado tambien.

Las cenizas i el humo arrojados por la fuerza de proyeccion se elevan a alturas considerables.

Al principio de la erupcion, una columna de vapor blanco con humo negro oscuro se eleva verticalmente con la rapidez del rayo, pues se abre a su parte superior en un penacho horizontal, ofreciendo la apariencia de un pino parasol, segun la espresion de Plinio. En 1822 el penacho del Vesubio subia a 3,000 metros de altura; la altura del penacho del Cotopaxi (26 de Junio de 1877) ha sido avaluada de 8,000 a 10,000 metros; la columna de ceniza lanzada en 1883 por el Kratatoa se estima a 11,000 metros de altura i la del Tarawera (1886) a 13,000 metros; la columna de humo del Calbuco ha sido avaluada por von Fischer a mas de 8,000 metros de altura.

VII

Los caractéres de una erupcion volcánica, son unos jenerales, otros peculiares. En todas las erupciones hai manifestaciones eléctricas, mas o ménos intensas, variaciones barométricas, desprendimiento de vapor de agua formando humo, nubes; jeneralmente las erupciones estan precedidas de movimientos del suelo, sismas de intensidades variables, temblores mas o ménos fuertes, algunas veces terremotos, ruidos subterráneos. Cuando la erupcion empieza por la salida del vapor de agua i de los gases, entónces cesan los temblores; algunos llaman un terremoto, una erupcion abortada. La erupcion empieza por manifestaciones gaseosas, vapor de agua, varios gases, gases combustibles, hidrójeno sulfurado, gases clorurados; se con-

tinua por la fase violenta o de paroxismo; explosiones internas que hacen estallar i volar las rocas, correspondiente a la fase del arrojamiento de las cenizas; en seguida las lavas líquidas o pastosas se derraman por el márgen del cráter.

La fase final es tambien caracterizada por la emision de gases, ácido carbónico, vapor de agua i ácido sulfuroso.

Ademas de estos fenómenos jenerales de las erupciones volcánicas, hai algunas veces fenómenos particulares o especiales, como los que acabamos de señalar en las erupciones del Bandaï, del Tarawera, etc.

Las lavas que los volcanes arrojan no son las mismas en los diversos paises. Jeneralmente, los volcanes de una misma cadena de montañas, en una erupcion de la misma época, dan los mismos productos; pero los productos lávicos de erupciones del mismo volcan en épocas diferentes, no son los mismos. Si el foco volcánico varía de sitio, si la elaboracion de la lava, la explosion de la roca no se hace a la misma profundidad o sobre las mismas rocas, se comprende que los productos arrojados podrán variar. Ademas, la estructura de las lavas varia con las épocas de su emision. Las lavas británicas de la edad cambriana, siluriana, devoniana, carboniferiana, tienen, segun J. W. Judd, una estructura esferolítica, perlítica. La lava del Vesubio no presenta siempre el mismo aspecto. Algunas veces tiene una fluidad perfecta; otras es viscosa. Los jeólogos italianos atribuyen su movilidad a la gran cantidad de agua encerrada en la masa lávica. Debemos notar tambien que las lavas básicas son mas fluidas que las lavas ácidas i por esta razon son susceptibles de estenderse mucho mas léjos que las ácidas. Las erupciones del Vesubio apoyan tambien nuestro parecer sobre los volcanes. Los violentos paroxismos de los años 79 i 1631 prueban que la intensidad de las erupciones es mayor cuando el período de tranquilidad anterior ha sido mas largo, probando tambien que los gases derramados del interior se han acumulado poco a poco hasta adquirir una tension mui considerable (1).

(1) La lava del Vesubio en la erupcion del año 1867, que he presenciado, era compuesta, segun el análisis de Silvestri, de: sílice, 38.888; alumina, 14.127; cal, 17.698, protóxido de fierro, 12.698; protóxido de manga-

La lava es mui mala conductora del calor, i aun peores conductoras son las escorias i las cenizas. Uno puede caminar sobre una masa de lava sin sentir el calor, bien que a una profundidad de algunos centímetros la roca está fundida. Una corriente de lava de espesor considerable demora un tiempo enorme para enfriarse. La corriente de lava del Vesubio del año 1858 estaba caliente todavía en el año 1864. En el Etna, el Vesubio, el volcan de Chillan, el Cotopaxi, etc., se ha comprobado que la nieve cubria corrientes de lavas candentes enfriadas en la superficie. Un hecho importante de notar por la teoría que sostengo, es que la lava incandescente contiene una gran cantidad de agua i de gases; así es que a medida que la superficie de la lava se endurece, se derraman tiros de vapor; una corriente de lava vista de dia i de alguna distancia, parece una via férrea recorrida en su lonjitud por una serie de locomotoras.

Como lo habíamos dicho, entre los materiales sólidos arrojados del volcan, se encuentran piedras que provienen algunas veces de la corona del cráter; otras, de las rocas profundas del interior de la tierra. No es raro encontrar en las materias lanzadas por una erupcion, bloques de areniscas, de esquites, de granito i fragmentos de calice con fósiles.

A estos materiales debemos agregar las bombas volcánicas, que son porciones de lava mas o ménos sólida, lanzadas a gran altura, que toman un movimiento de rotacion que da a la masa pastosa una forma mas o ménos esferoidal o fusiforme (1). Stoppani cree que las verdaderas bombas volcánicas fusiformes provienen de un fragmento sólido, el cual, lanzado del volcan, encuentra una cubierta de lava fluida o pastosa, que lleva con él, arrastrándola en su movimiento de rotacion. Las lavas son silicatos, unas ácidas, otras básicas; pero son compuestas en proporciones diversas de varios de estos silicatos: silicato de alúmina, de magnesia, de cal, de fierro, de potasa, de soda. Las básicas contienen una cantidad de óxido de fierro i otros óxi-

neso, 0.010; magnesia, 3.333; sosa, 10.000; potasa, 1.190; agua, 2.063; indicios de ácido fosfórico, titánico, cobre. Total, 100.007.

Algunas veces las lavas contienen una proporción de óxido de fierro magnético que basta para influir sobre la aguja imantada.

(1) Es la opinion de algunos volcanistas.

dos de mas peso que el ácido. Su peso específico es superior al de las lavas ácidas; tambien son mas oscuras que estas últimas. Las lavas recientes de composicion ácida son ordinariamente de color blanquizo; las intermediarias, de color gris, i las básicas, negras; pero el color no es un carácter persistente i las causas atmosféricas lo alteran i lo modifican.

Las lavas, en sus múltiples variedades, pueden, sin embargo, dividirse en cinco grupos, a saber: riolíticas, traquíticas, andesíticas, fonolíticas i basálticas. Las riolíticas son ácidas; las basálticas, básicas; las traquíticas, andesíticas, fonolíticas forman especies intermediarias.

Poulet-Scrope cree que las lavas ácidas han hecho su erupcion ántes de las básicas. Segun Richthofen, las primeras rocas que en un distrito volcánico han hecho erupcion son las lavas de composicion intermediaria; las andesitas i dacitas lo son en este caso. La erupcion de la lava andesítica es algunas veces acompañada, otras veces precedida i seguida de la erupcion de lavas traquíticas, o bien de lavas de una composicion intermediaria. En la última fase, la accion eruptiva en la mayoría de los distintos volcanes, se manifiesta con lavas ácidas i lavas básicas. La salida de las cenizas i de las lavas es acompañada de los gases i vapores de agua que se desprenden del volcan. Muchas veces el vapor de agua no forma ni nubes, ni humo a su salida del cráter. Si sale a una temperatura mui elevada, se derrama al estado de vapor invisible i va a condensarse, algunas veces, mui léjos de su punto de salida.

La erupcion de cenizas i arenas volcánicas, saliendo por el cráter o por grietas laterales, es acompañada jeneralmente de vapor de agua; algunas veces estas cenizas mezcladas con el agua forman fangos.

VII

«Las rocas volcánicas de Chile difieren apenas, por su composicion, de las traquitas i de las fonolitas», dice Pissis; pero el modo como han llegado a la superficie de la tierra presenta algunos fenómenos que les son particulares i cuya aparicion corresponde a uno de los mayores cataclismos que han trasternado este territorio. Ya anteriormente hemos espues-

to la opinion de Pissis sobre el particular i citado algunos párrafos de la *Jeografía física de Chile*; lo que debemos notar es que Pissis no ha desconocido la cronología de las rocas volcánicas de la cordillera; si no ha llamado andesitas sus traquitas, no ignoraba sus relaciones con las otras rocas eruptivas; el célebre jeógrafo ha sabido distinguir el sistema de rocas traquíticas o andesíticas de las demas rocas de cristalización. Los estudios estratigráficos de un sistema de rocas seguidos sobre una inmensa estension territorial, tienen una importancia mui superior a los análisis químicos o microscópicos hechos en el laboratorio; es un error atribuir a estos análisis un rol de alguna consideracion, si a ellos no se acompañan las investigaciones estratigráficas sobre el terreno; Michel, Lévy, Fouqué, MacPherson, Calderon, etc., son a la vez estratígrafos i micrógrafos.

La erupcion del Calbuco i de los demas volcanes del sur, merecen un estudio detenido de los diversos fenómenos que se manifiestan allí. Debemos aprovechar tan estraña oportunidad para estudiar esta erupcion, bajo el doble punto de vista de la jeología i de la jeografía física.

Ahora vamos a trazar el programa que una comision de esos estudios debería llenar:

1.º *Fenómenos físicos*.—Observaciones relativas a la pesantez cerca del volcan comparativamente a la orilla del mar. Tension eléctrica en la atmósfera del volcan. Observaciones relativas al magnetismo. Corrientes telúricas. Temperatura del suelo, de las deyecciones, de la atmósfera, de las aguas, de los gases, etc.

2.º *Fenómenos jeológicos*.—Estension del área de las cenizas. Direccion de los vientos. Causas de la proyeccion de los materiales interiores. Volúmen arrojado. Proyecciones sólidas, líquidas, gaseosas; su temperatura, su composicion. Lavas. Réjimen de las aguas; sus alteraciones, etc.

Fracturas, fallas, desnivelaciones; relaciones de los diversos volcanes de la rejion, con las fallas i las fracturas del suelo. Constitucion jeológica del volcan i de sus alrededores, etc.

Esa comision de estudios debería llevar consigo los instrumentos de observacion que necesite para hacer sus investigaciones; ademas, debería internarse unos cuantos dias en los alrededores del volcan i llegar al cráter, si éste es accesible; pero se debe

esperar la tranquilidad del volcan que permita el acceso del monte. El rol de la mision científica al Calbuco es de primera importancia para el conocimiento del volcanismo chileno; sin embargo, no podemos negar ni las dificultades de la comision, ni el costo de la espedicion. Pero para Chile, pais de volcanes apenas adormecidos, importa llevar nuestros conocimientos sobre esta materia a la altura del volcanismo europeo.

Para concluir, desde el punto de vista de utilidad práctica, el resultado de estos estudios, seria prever las condiciones de futuras erupciones e indicar los medios de precaucion del caso. Nada, ni nadie pueden impedir una erupcion; sin embargo, el hombre, con la intelijencia, debe averiguar los medios de evitar sus estragos.

A. F. NOGUÈS

Ingeniero de minas, profesor
en la Universidad

