

## RELACION ENTRE VULCANISMO Y SISMICIDAD (Particularmente con respecto a los recientes acontecimientos)

por el Dr. LORENZO CASERTANO

Del Observatorio Vulcanológico de Nápoles

(Vulcanólogo en la Universidad de Chile)

La erupción del volcán Puyehue seguida a los terremotos de los días 21 y 22 de mayo, y cuando se desarrollaba todavía la crisis sísmica que afectó —como zona epicentral— un largo trecho del territorio chileno (tal vez del mar o de ambos), puso en primer plano las discusiones, siempre vivas e interesantes, sobre las recíprocas relaciones entre los fenómenos volcánicos y sísmicos.

La bien conocida correspondencia en la distribución geográfica, entre las áreas activas volcánicas y sísmicas, contribuye a evidenciar una relación entre las dos clases de fenómenos: volcánico y sísmico. En el pasado se llegó a creer que los terremotos, especialmente los de las zonas volcánicas, habían tenido todos un origen volcánico. En realidad, esta relación tiene un carácter de interdependencia, ya que la causa primera de ambas manifestaciones puede, por lo general, atribuirse a los movimientos tectónicos que acompañan al fenómeno geológico, siendo, quizá, el más importante y fundamental, la orogénesis.

En lo que se refiere a los volcanes en particular se agrega que en el desarrollo de la orogénesis se pueden producir, más o menos paralelas a las cordilleras en formación, fracturas de la corteza terrestre a lo largo de las cuales se van formando los volcanes. En este caso también se llegó al extremo de pensar que los volcanes podrían nacer sólo y exclusivamente por estos movimientos tectónicos, excluyendo pues, cualquiera participación activa del magma. En cambio, se sabe que éste tiene en sí mismo una actitud eruptiva, de manera que el desarrollo de la orogénesis —y otras causas que aquí no es el caso considerar— por lo general sólo facilita la actividad magmática.

El hecho de que se demostraran paralelismos entre ciclos volcánicos y orogénéticos, nos indica que dicha relación continúa por toda la vida del volcán; pero esto vale sólo en el complejo general de la actividad, ya que las causas de cada acontecimiento son casi siempre independientes de la orogénesis.

En una relación publicada sobre esto mismo (ver Boletín N° 10), se esquematizó el desarrollo de la actividad volcánica, y se indicó que la energía eruptiva principal debe considerarse como la que se produce por el acumulamiento de substancias volátiles que se liberan del magma en enfriamiento dentro del nido magmático. Se indicaron también, de una manera sumaria, las causas y las características de los movimientos sísmicos ligados a la actividad volcánica.

De no estimarse las sacudidas que sólo afectan las zonas más cerca del cráter y las agitaciones microsísmicas volcánicas que solamente se registran, los verdaderos terremotos volcánicos —debido a la pequeña energía y a la superficialidad de los epicentros— también se sienten en una zona reducida, aun cuando la intensidad epicentral es bastante alta.

Se recuerda que el terremoto del año 63, que causó daños muy grandes en Pompeya — como lo demuestran las ruinas que aún existen — se sintió casi exclusivamente en la zona vesubiana. Fue un terremoto volcánico bien característico. De hecho ALFANO<sup>(2)</sup>, del estudio macrosísmico, localizó el foco en el mismo nido magmático del Vesubio y dedujo que el terremoto fue causado por los desplazamientos magmáticos que habrían provocado, después de 16 años, es decir el año 79, la famosa gran erupción que destruyó Pompeya y Stabia con lluvias de cenizas, y Herculano con corrientes de barro.

Los terremotos etneos, que alcanzan una intensidad hasta de 10 grados de la escala MERCALLI en la zona epicentral, raramente se sienten a más de 20 km. La profundidad de estos terremotos en general es menor de 2 km., y casi siempre su origen no está directamente ligado a los movimientos magmáticos<sup>(3)</sup>.

En cambio, parece que dependieron de movimientos de este tipo los de la crisis sísmica que afectó la isla de Ischia en los siglos XVIII y XIX, y que terminaron con el fuerte terremoto del 28 de julio de 1883, que destruyó Casamicciola<sup>(4)</sup>. Por el hecho de que la zona megasísmica se situó en el faldeo NO del volcán apagado Epomeo — que tuvo su última erupción en el año 1301 — y que el foco fue muy superficial, se pensó que pudo ser producido por una erupción abortiva.

Por la energía de los terremotos volcánicos se puede agregar que YOKOYAMA<sup>(5)</sup>, por los del MIHARA (Japón) de 1950 a 1954, calculó energías entre  $10^{15}$  y  $10^{18}$  ergs. BONELLI, R.<sup>(6)</sup> por un terremoto, en el curso de la erupción del Nambroque (Isla de la Palma) de 1949, calculó una energía de  $10^{21}$  ergs. Este último se verificó el 2 de julio de 1949, mientras que el 24 de junio se había abierto la primera boca por donde se produjo actividad explosiva y el 6 de julio se abrió otra boca por donde el día 8 empezó una emisión de lava que continuó hasta el 26 de julio de 1949.

Con respecto a los terremotos chilenos, de lo anterior se desprende que debido a la localización de los volcanes es demasiado difícil que los terremotos de naturaleza volcánica puedan ser advertidos. Y en lo que se refiere a la crisis sísmica y eruptiva del mes de mayo pasado se puede, sin duda, excluir que la actividad volcánica causó la sísmica.

Esto se evidencia de los efectos macrosísmicos de los terremotos. Además, las zonas epicentrales resultan bastante alejadas del volcán Puyehue, que reventó.

Más bien esta última consideración nos induce a excluir también, en este caso, un origen común en las dos manifestaciones y a suponer, en cambio, una dependencia de la actividad volcánica más o menos directa de la sísmica.

Antes de proceder a algunas necesarias profundizaciones, se quiere observar que una de las razones que hacen considerar los terremotos de los últimos años del Cajón del Maipo como de origen no volcánico, es la distancia (más o menos 30 km.) entre la zona epicentral y el volcán más cercano: el San José. En cambio por la profundidad ipocentral (alrededor de 5 km.) podrían ser volcánicos.

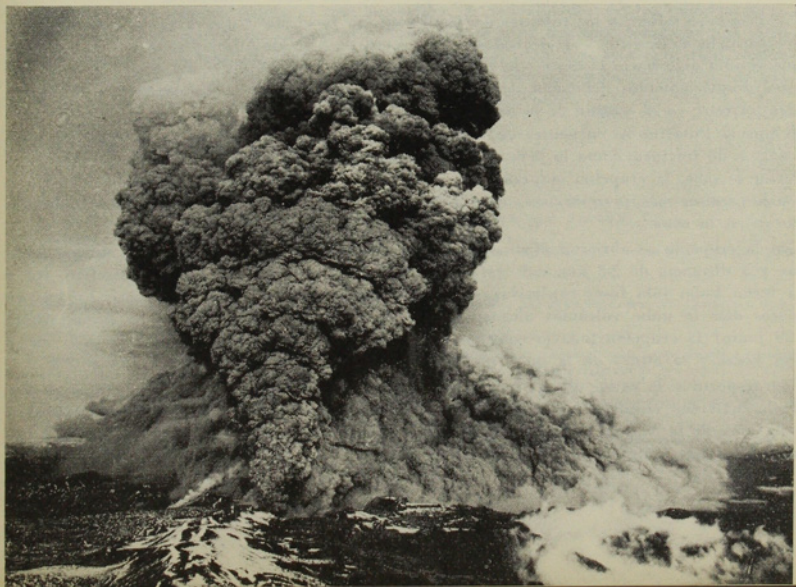
El complejo de la actividad volcánica en Chile es una buena confirmación de lo que se dijo al comienzo. De hecho, los volcanes chilenos<sup>(7)</sup> se encuentran a lo largo del país casi en una misma línea y casi paralelamente a la Cordillera de los Andes. Además, la presencia de fosas en el Océano Pacífico, frente y paralelas a las costas chilenas, demuestran que aquí también la orogénesis empezó con la formación de una geosinclinal, así como existen varias hipótesis sobre el asunto y principalmente la de RITTMANN<sup>(8)</sup> que hace derivar la orogénesis





Cráter central del volcán Puyehue. Foto del 28 de enero 1960 (gentileza de "El Mercurio")

Nube volcánica de la última erupción del Puyehue. Se nota la corriente de lava emitida en la erupción de 1921-22 (foto de "El Mercurio")





Manifestaciones fumarólicas en la zona de Los Azufres, cerca de la cual se abrieron los cráteres de la erupción de 1921-22 y de la actual (1960) (Fotografía de L. Casertano)

de movimientos magmáticos —circulatorios— debidos a gradientes térmicas horizontales que se habrían venido formando en las zonas límites entre continentes y océanos.

Es posible que en Chile la deriva hacia el oeste del continente, tuvo también influencia en la formación del volcanismo. Dicha deriva sería demostrada por el hecho que las zonas ipocentrales de los terremotos bajo los continentes se encuentran a profundidades mayores del oeste hacia el este<sup>(9)</sup>; en relación a los terremotos chilenos, esto fue evidenciado por el Ing. GREVE<sup>(10)</sup>. Se piensa que esto puede haber sido sólo una causa secundaria.

Por lo que se refiere a los volcanes del centro-sur, se recuerda<sup>(7)</sup> que a partir más o menos del paralelo 35°S, éstos van alejándose de la Cordillera de los Andes y se sitúan en una línea que resulta algo hacia el oeste con respecto al eje de la cordillera. Es lógico pensar que estos desplazamientos dependen de la presencia de una línea de menor resistencia de la corteza terrestre en el sentido de la alineación de los volcanes.

El mismo Puyehue se encuentra en esta línea y, por lo tanto, sobre la línea de menor resistencia o de fractura, como lo demuestra la formación de los volcanes.

Según se sabe, la erupción empezó poco antes de las 12 A. M. del 24 de mayo de 1960. No se puede precisar más, pero es cierto que el día anterior no se vio ninguna actividad volcánica nueva en la zona.

Con la erupción se abrieron algunas bocas en la vertiente NO, alineadas en el mismo sentido, y a distancia de 2-3 km. del cráter principal, desde hace mucho tiempo inactivo. Hasta la fecha hubo sólo fases explosivas, cuya violencia fue bajando paulatinamente. En los primeros días la nube volcánica alcanzó alturas hasta de 6-7 mil metros de las bocas. Ahora (29 junio) la erupción todavía continúa, pero con explosiones intermitentes de sólo dos o tres bocas y la altura de la nube no alcanza la centena de metros.

Con respecto a la causa última que provocó la erupción —dependiente como antes se dijo de la actividad sísmica— se piensa poder excluir una reactivación de la fractura principal a lo largo de la cual se formaron los volcanes. De hecho, esto probablemente habría determinado alguna actividad de otros volcanes cercanos, como los cráteres del grupo Nilahue (el



Riñinahue y el Carrán). Es efectivo el estado de actividad de este grupo —aun en período de reposo— ya que hubo una manifestación eruptiva en el año 1955 y no está muy lejos del Puyehue. Por la falta de cualquiera manifestación de los otros volcanes, el fenómeno pudo ser local y afectar sólo al Puyehue.

Se considera ahora que la zona de la erupción actual está muy cerca del cráter que se abrió en 1921-1922. Por otra parte, está situada radialmente opuesta a otro cráter lateral, del cual se desconoce la fecha de formación y que es el Pichi-Caulle o Caulle Chico, ya que el Puyehue es llamado también Caulle.

Esto nos induce a pensar que la estructura del Puyehue, o su subsuelo, presenta una línea de menor resistencia en el sentido NO-SE.

Los sismos pudieron producir directamente otra fractura sobre esta zona débil o una acción sobre el magma, determinando en consecuencia la fracturación. De aquí, según el esquema indicado<sup>(1)</sup>, la erupción.

Ya que el sismo que pudo ser la causa determinante, habría sido el de las 15,10 horas del 22 de mayo —por su mayor intensidad y la menor distancia entre el volcán y la zona epicentral situada no muy lejos de Valdivia— se expresa la opinión que la acción del sismo fue indirecta. De hecho, entre el sismo y el comienzo de la erupción hubo una diferencia de dos días. Cualquiera causa que hubiera abierto directamente el camino a las sustancias volátiles del magma, habría dejado transcurrir un menor tiempo entre el sismo y el comienzo de la erupción.

Pero queda en claro que no se puede excluir una fracturación de la zona directamente afectada por el terremoto; es probable que ésta existiera como causa secundaria.

Por la causa principal y próxima de la erupción, se cree que pudo ser una acción de compresión sobre el magma o una fracturación interna cerca del nido o de la chimenea volcánica. En el primer caso, que se estima el más probable, las modalidades de las sucesivas erupciones resultan muy claras; en cambio, en el segundo se tiene que considerar que una intrusión del magma en la fractura habría podido determinar, a su vez, una depresión responsable de la erupción<sup>(1)</sup>. En los dos casos las fracturaciones externas habrían sido producidas por la presión de las sustancias volátiles sobre la capa superficial.

Santiago, 29 de junio de 1960.

#### BIBLIOGRAFIA

1. **L. Casertano**. Relación preliminar sobre la instalación de un Observatorio vulcanológico. Bol. Univ. Chile. N° 10 (abril 1960) 44.
2. **G. B. Alfano**, e **L. Friedlaender**. La Storia del Vesuvio. Ulm a D. 1929.
3. **G. Imbo**, I Terremoti etnei. Firenze 1935.
4. **G. Imbo**, e **L. Casertano**. Profundità ipocentrali e coefficienti di assorbimento per zone etnee. Geof. Pura e Appl. 22 (1952) 42.
4. **G. Mercalli**. L'isola d'Ischia ed il terremoto del 28 luglio 1883. Milano, 1884.
5. **I. Yokoyama**. Energetics in active volcanoes. Bull. Earth. Res. Inst. 34 (1956) 185 y 35 (1957) 75.
6. **J. M. Bonelli R.** Erupción del volcán del Nambroque. Madrid, 1950.
7. **L. Casertano**. Sui vulcani attivi cileni. Ann Osserv. Ves. Serie VI 3 (1959).
8. **A. Rittmann**. Le temperature della crosta terrestre e l'orogènesi. Mem. Ist. Geol. Appl. 1 (1947-48) 21.
9. **G. Imbo**, Appunti di Vulcanologia. Napoli, 1957-58.
10. **F. Greve**. Distribución, profundidad e intensidad de los temblores en la Cordillera de los Andes. Santiago, 1958.