



XII Congreso Geológico Chileno
Santiago, 22-26 Noviembre, 2009



fcfm

Geología
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

S7_018

El ciclo eruptivo 2007-2009 del volcán Llaima, Andes del sur

Moreno, H.¹, Naranjo, J.A.², Peña, P.¹, Muñoz, J.³, Basualto, D.¹, Delgado.¹, C., Gallegos, C.¹, Dungan, M.⁴, Bouvet de Maisonneuve, C.⁴

- (1) Servicio Nacional de Geología y Minería, OVDAS, Temuco, Chile.
(2) Servicio Nacional de Geología y Minería, Av. Santa María 0104, Santiago.
(3) Servicio Nacional de Geología y Minería, Red Nacional de Vigilancia Volcánica, Oficina Técnica Puerto Varas, La Paz 406, Puerto Varas.
(4) Section des Sciences de la Terre, Université de Genève, Genève, Switzerland.

hmoreno@sernageomin.cl

Introducción

Aproximadamente a las 17:30 hrs. del 01 de enero de 2008, el volcán Llaima comenzó la erupción de mayor magnitud después del ciclo 1955-1957. Este nuevo ciclo iniciado en mayo de 2007 ha estado concentrado en el cráter principal de 350 x 450 m de diámetro y en centros de emisión menores en su flanco oriental. El Llaima es uno de los volcanes más grandes (400 km³) y más activos de Chile e incluye dos cráteres principales alineados en dirección NNW-SSE; la cima se ubica al NNW con 3.179 m s.n.m. Además tiene varias estructuras fisurales de flanco, a lo largo de las cuales se ubican más de 40 conos de escoria. Desde el siglo 17 se han registrado numerosas erupciones entre las que destacan las de 1640, 1751, 1780-90?, 1875, 1895, 1927 y los ciclos de 1944-46 y 1955-1957 [1]. Las erupciones freatomagmáticas y Estrombolianas recientes de 1979, 1984, 1994 [2] (con dos fases eruptivas en mayo y agosto) y 2003, han sido de menor magnitud. El objetivo de este trabajo es presentar una síntesis de las diferentes etapas del presente ciclo eruptivo del volcán Llaima, hasta mayo de 2009 aún en desarrollo. Por primera vez se efectúa un seguimiento sísmico de un ciclo prolongado en este volcán (Figura 1).

Ciclo eruptivo 2007-2009

El ciclo eruptivo se inició el 26 de mayo de 2007 y está caracterizado por diferentes fases bien definidas, cuyos estilos incluyen erupciones Estrombolianas y Hawaiianas, con producción de piroclastos y lavas basálticas (~51% SiO₂) de plagioclasa y olivino.

Fase 1 (26 mayo-31 diciembre, 2007). Corresponde a la reactivación caracterizada por explosiones menores y emisión de cenizas. Las señales sísmicas de tales explosiones corresponden a sismos de período largo (LP) y ocasionalmente, tremor.



XII Congreso Geológico Chileno
Santiago, 22-26 Noviembre, 2009



Geología
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

Fase 2 (01-02 enero 2008). La erupción mayor del ciclo se inició alrededor de las 17:30 hrs. del 01 de enero y las explosiones más vigorosas comenzaron a las 18:23 hrs. Aproximadamente a las 20:00 hrs., las volutas cargadas de cenizas y gases formaron una columna que alcanzó un máximo de ~11.000 m s.n.m. con una angosta pluma de dispersión hacia el ESE, que se internó centenares de kilómetros en territorio argentino.

Durante la Fase 2 la señal sísmica se caracterizó por un tremor altamente energético y la energía sísmica liberada alcanzó cerca de 5000 unidades RSAM (Real-time Seismic Amplitude Measurement-system: promedio de la amplitud absoluta por minuto). Esta fase declinó abruptamente a las 12 horas de iniciada.

Fase 3 (02-21 enero 2008). Estuvo caracterizada por emisiones esporádicas de cenizas y gases y flujos piroclásticos menores formados en diversas fisuras y centros de emisión sobre la parte superior-media del flanco oriental. Se inició la construcción de un cono de escorias anidado en el cráter principal. Las explosiones más notables ocurrieron el 03 y 18 de enero. Los registros mostraron principalmente sismos de tipo LP y la energía sísmica liberada fluctuó entre 40 y 120 unidades RSAM durante el período.

Fase 4 (21 enero-02 febrero 2008). Se caracterizó por una reactivación de la actividad Estromboliana débil a moderada acompañada por la formación de pequeño lago de lavas pahoehe dentro del cráter principal. El cono de escorias anidado aceleró su crecimiento a través de varios cráteres activos. También se detectaron explosiones laterales aisladas desde la parte superior del flanco oriental. La sismicidad se caracterizó al comienzo por sismos de tipo LP y luego por tremor energético, cuya energía liberada superó las 100 unidades RSAM.

Fase 5 (02-13 febrero, 2008). Se produjeron explosiones menores con proyección de “spatters” (salpicaduras) y un estilo efusivo de tipo Hawaiano. La lava escurrió fuera del cráter a través de una muesca hacia el flanco oeste, ocasionalmente bajo el glaciar. Al comienzo de esta fase se formó un pequeño lahar. La sismicidad estuvo representada por tremor energético y la energía sísmica se incrementó paulatinamente hasta cerca de 800 unidades RSAM y decreció abruptamente a 10 unidades cuando cesó la emisión de lava el 13 de febrero.

Fase 6 (13 febrero-01 julio, 2008). Esta fase fue tranquila y no se distinguieron signos visuales de emisión, ni se registró actividad sísmica importante. Así, la energía sísmica se mantuvo bajo las 50 unidades RSAM y sólo ocurrieron escasos eventos de tipo LP.

Fase 7 (01-27 julio, 2008). Esta etapa corresponde a una notable reactivación, en la cual tuvieron lugar 5 episodios eruptivos, entre los cuales hubo breves períodos de calma. Las erupciones ocurridas fueron las siguientes:

01-07 julio, emisión de lava hacia el flanco occidental y lahares menores

10, 14, 19 julio, erupciones Estrombolianas y emisiones de lava hacia el flanco occidental

26 julio, erupción Estromboliana vigorosa, alta tasa de emisión de lava al oeste

En cada erupción, los registros sísmicos mostraron al comienzo una predominancia de eventos de tipo LP y posteriormente, tremor energético, para finalizar nuevamente con



XII Congreso Geológico Chileno
Santiago, 22-26 Noviembre, 2009



fcfm

Geología
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

sismos de tipo LP. La energía sísmica liberada fue aumentando en cada erupción hasta alcanzar las 1700 unidades RSAM el 26 de julio.

Fase 8 (desde 27 julio hasta 02 abril de 2009). El ciclo eruptivo decreció rápidamente durante este período, que se caracterizó por explosiones menores y esporádicas de cenizas diluidas. Las débiles emisiones de gases continuaron a través de los cráteres del cono piroclástico anidado. Hasta septiembre, los niveles de energía liberada se mantuvieron bajo las 50 unidades RSAM, aunque se registró tembor bandeado y sismos de tipo LP y baja amplitud. Posteriormente, la energía decreció hasta un promedio de 20 unidades RSAM y hasta el 02 de abril de 2009 hubo absoluta tranquilidad.

Fase 9 (03-06 abril 2009). Corresponde a la segunda fase Estromboliana vigorosa desarrollada durante el ciclo. Se produjo una columna de color gris oscura de hasta 7.000 m de altura y más de 100 km de extensión hacia el SE y este. También fueron emitidos tres lóbulos de lavas aa hacia el flanco occidental y otro al noreste que generó un lahar. El día 03 de abril, la energía sísmica liberada por el tembor se incrementó súbitamente hasta alcanzar 800 unidades RSAM y posteriormente a 1400 unidades en la madrugada del 04 de abril, estabilizándose en 1300 unidades durante dicho día. La actividad sísmica ocurrida los días 05 y 06 de abril, continuó registrando solo un tembor muy energético, cuya energía sísmica osciló entre 900 y 1600 unidades RSAM. Por otra parte, el día 06 de abril a las 20:33 hrs., se registró un sismo de tipo VT superficial con una magnitud de 1,5 grados y con epicentro bajo el volcán Llaima. Dos horas y media más tarde, en forma repentina, el tembor energético decayó de 1100 a 19 unidades RSAM en poco menos de dos horas, fenómeno común y que ha caracterizado a este ciclo eruptivo que comenzó en mayo de 2007.

Fase 10 (07 abril y en desarrollo a mayo 2009). Como en casos anteriores, el comienzo de este lapso estuvo caracterizado por un abrupto descenso de la actividad tanto eruptiva como sísmica. Esta se ha desarrollado como explosiones débiles y esporádicas de cenizas, especialmente sobre el flanco oriental, con escasos flujos piroclásticos menores. La sismicidad se ha caracterizado por la presencia de un débil tembor de fondo y sismos de tipo LP de 20 a 25 sismos por hora. Sin embargo, el 28 de mayo ocurrieron hasta 30 sismos por hora. La energía liberada ha oscilado en torno a las 20 unidades RSAM.

Discusión y conclusiones

El prolongado ciclo eruptivo actual del volcán Llaima contrasta claramente con las erupciones menores y aisladas de años anteriores, en consecuencia, solo es comparable con los ciclos ocurridos en el siglo XX, en particular, con los de 1944-46 y 1955-57. Los datos de vigilancia visual han podido ser cotejados con antecedentes de la microsismicidad registrada durante todo el ciclo. Los sismos LP y el tembor sólo han acusado actividad de fluidos, posiblemente en la parte alta del conducto, revelando cambios abruptos en su conducta. Esto ha hecho muy difícil y, ocasionalmente imposible, la detección de situaciones de alerta temprana. Sin embargo, los registros han demostrado ser una buena herramienta de seguimiento del comportamiento eruptivo y de su



XII Congreso Geológico Chileno
Santiago, 22-26 Noviembre, 2009



fcfm

Geología
FACULTAD DE CIENCIAS
FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
UNIVERSIDAD DE CHILE

caracterización. Desde su inicio en mayo de 2007 y especialmente a partir de enero de 2008 con las mayores fases Estrombolianas, la conducta del ciclo actual (aún en desarrollo a fines de mayo 2009) muestra variaciones entre fases principalmente explosivas y otras esencialmente efusivas, alternados con prolongados períodos de relativa calma, claramente reflejados en las variaciones del número de eventos sísmicos de tipo LP, la presencia de tremor y energía liberada (Figura 1). El actual ciclo eruptivo del volcán ha mostrado diversas fases eruptivas que podrían ser similares al ciclo 1955-1957, lo cual permite inferir una alta posibilidad de que aún no haya concluido como tal. Debido a los rápidos cambios de conducta eruptiva, no ha sido posible detectar con antelación umbrales de incremento de energía liberada, aunque los eventos eruptivos muestran conductas sísmicas correspondientes. La experiencia indica que, comparado con otros volcanes monitoreados, la conducta del volcán Llaima en este ciclo ha sido muy impredecible. Sin embargo, en otros eventos eruptivos como en las dos erupciones de 1994 y en la erupción de cenizas de 2003, la sismicidad permitió anticipar las alertas con meses de antelación. En consecuencia, se requiere de un monitoreo robusto y con diversos instrumentos para detectar eventuales movimientos más profundos de fluidos.

Referencias

- [1] Petit-Breuilh, M.E. (1993) Cronología eruptiva del volcán Llaima (1640-1990) Programa Riesgo Volcánico de Chile, *Servicio Nacional de Geología y Minería*. Informe inédito, 35 p.
- [2] Moreno, H., Fuentealba, G. (1994) The May 17-19 1994 Llaima volcano eruption, southern Andes (38°42'S-71°44'W). *Revista Geológica de Chile*, Vol. 21, N° 1, 167-171.

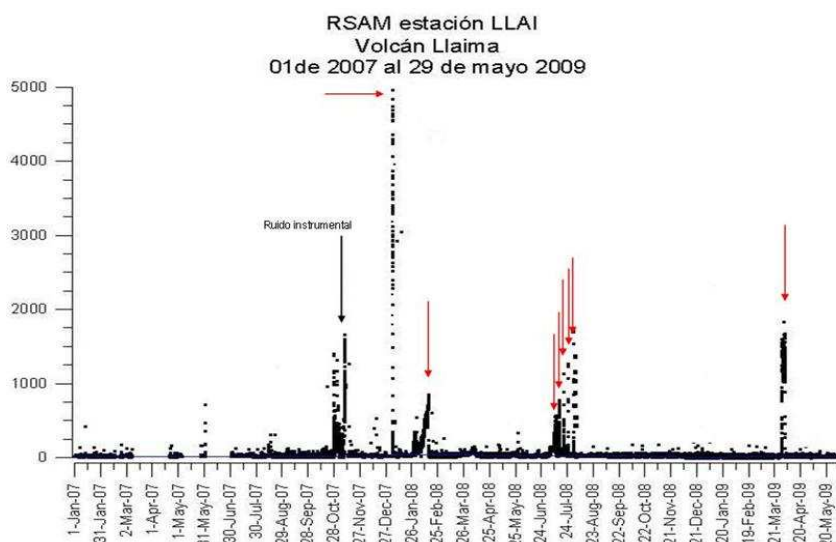


Figura 1. Gráfica de la energía sísmica liberada (RSAM) durante todo el actual ciclo eruptivo que comenzó el 26 de mayo de 2007, actualmente en desarrollo (fines de mayo de 2009). Con flechas rojas las principales erupciones ocurridas durante el ciclo.