



XVIII Congreso Peruano de Geología

CARACTERISTICAS DE LA ACTIVIDAD SISMICA EN EL PROCESO ERUPTIVO 2013 -2015 DEL VOLCAN UBINAS

José Del Carpio¹, Orlando Macedo¹, Nino Puma¹, Riky Centeno¹, Jose Torres¹ y John Cruz¹.

¹ Observatorio Vulcanológico del Sur – Instituto Geofísico del Perú, Urb. La Marina B-19, Arequipa, Perú (ovs@igp.gob.pe)

1. Introducción

El volcán Ubinas es conocido por ser muy activo, presenta 25 episodios eruptivos de baja a moderada magnitud (IEV 1-3) desde el año 1550, siendo su frecuencia de 6 a 7 erupciones por siglo. La más reciente erupción tuvo lugar entre marzo de 2006 a junio de 2009, alcanzando un IEV igual a 2, siendo una crisis inicialmente dominada por actividad freática y a partir del 19 de abril de 2006, la actividad deviene en vulcaniana con emisión de materiales andesíticos básicos. En septiembre de 2013 el volcán Ubinas entro nuevamente en erupción; en febrero de 2014 el nivel de actividad fue ascendiendo, observándose registros de tremor sísmico importante, emisiones persistentes de gases y ceniza, etc., que finalmente culminó con la primera explosión magmática el día 14 de febrero. A partir de entonces y hasta la fecha de este trabajo, la actividad eruptiva del volcán Ubinas ha continuado de manera intermitente.

Este trabajo muestra los resultados de las observaciones y monitoreo instrumental efectuadas entre enero de 2013 y abril de 2015: actividad sísmica, información satelital de tipo térmico y de emisión de gas SO₂.

2. Sismicidad e Información Satelital

Después de un periodo de 4 años de tranquilidad en el volcán Ubinas, transcurrido desde el último proceso 2006-2009, entre el 02 y 07 de septiembre de 2013, ocurrieron 09 explosiones freáticas que iniciaron un nuevo proceso eruptivo. Sismos tipo VT y tipo Tornillo asociados a presurización del sistema, se registraron cuatro meses antes de la primera explosión en septiembre 2013 (Macedo et al., 2014). Este tipo de sismicidad (sismos VTs y Tornillos) se repetiría tres meses más adelante,

precisamente entre enero-febrero de 2014 y entre diciembre de 2014 - abril de 2015.

En ambas ocasiones el patrón sísmico se completaría con el registro de tremor volcánico e híbridos. En las siguientes líneas se describe los principales acontecimientos o “hitos” que han marcado este periodo y que aparecen señalados en la [Figura 1](#).

Adicional a la sísmica, nuevas herramientas de monitoreo fueron utilizadas durante el desarrollo del actual proceso eruptivo. El sistema MIROVA (Middle InfraRed Observation of Volcanic Activity), es un detector en tiempo casi real de puntos calientes (hot-spot), basado en el análisis de imágenes espectro-radiométricas de moderada resolución, su unidad de medida es Megawatts o Mw. Y el sistema OMI-NASA recolecta información de la densidad de SO₂ en la atmosfera.

2.1. Características Sísmicas: Periodo 2014

Luego de las explosiones freáticas y el registro de tremor espasmódico (asociado a perturbación del sistema hidrotermal del volcán), ambos observados en setiembre de 2013, se reportó, a inicios de enero de 2014, un notorio incremento de la sismicidad en el volcán Ubinas. El cálculo de RSAM (medida de la amplitud sísmica en tiempo real), mostro el incremento en la actividad volcánica y delimito el tiempo de activación para los hitos b y c, así como, el registro de la explosión ocurrida el 14 de febrero ([Figura 2](#)).

2.1.1. Hito a

En enero de 2014, se registraron enjambres de LPs; mientras que, se incrementó la tasa de sismos de fractura (sismos VT) pasando de 3 VTs/día a 20 VTs/día. Estos VTs fueron localizados a 1 km al oeste del cráter y con profundidades entre 1 a 3 km. Sismos Tornillos fueron

también registrados durante el mes de enero de 2014 ([Figura 3, hito a](#)), acumulando 23 eventos en este periodo.

2.1.2. Hito b

Entre el 30 al 31 de enero de 2014, se registró temblores de alta energía atribuidos a una “ebullición” al nivel del sistema hidrotermal, durando 14 horas aproximadamente ([Figura 3, hito b](#)). Seguidamente se registraron cinco nuevas exhalaciones con emisión de ceniza, intercaladas por temblor espasmódico. Entre el 02 al 07 de febrero se observaron señales típicas de movimiento de fluidos (gases, magma y roca pulverizada), las cuales se mostraron incrementadas.

2.1.3. Hito c

A partir del 09 de febrero, tanto el número como la energía diaria de los sismos híbridos se incrementaron. El día 10 de febrero, el sistema MIROVA detecta por primera vez una anomalía térmica de 3 Mw. El 14 de febrero, la energía acumulada de eventos tipo Híbridos se incrementa rápidamente ([Figura 3, hito c](#)) y, este mismo día a 19:45 UTC ocurre una explosión de tipo magmática con 239 MJ de energía. Luego ocurre una etapa de calma que se prolongaría por 15 días. Durante este periodo el número de híbridos persiste pero su energía se mantiene baja. Mientras tanto el sistema MIROVA continúa detectando anomalías térmicas. Durante marzo de 2014, se registra un incremento sostenido de eventos sismo-volcánicos, asociados a movimiento de fluidos; a partir del 26 de marzo la energía acumulada de sismos híbridos presenta un fuerte incremento, alcanzando un valor máximo de 582 MJ el 31 de marzo. Casi simultáneamente, desde el 27 de marzo, se observan constantes exhalaciones de ceniza, cuyos energéticos registros sísmicos elevaron los valores de energía diaria acumulada.

2.1.4. Hito d

Se inicia el ciclo de mayores explosiones registradas en este nuevo proceso eruptivo 2013-2015 ([Figura 3, hito d](#)).

2.1.5. Hito e

A partir del 14 de abril, la energía acumulada de sismos tipo híbrido muestra disminución en sus valores (solo 100 MJ para ese día). El sistema MIROVA, igualmente, detectó disminución en los valores térmicos (solo 29 MW el día 15) luego de una serie consecutiva de valores elevados. Asimismo, desde el 17 de abril se observa una disminución en los valores de densidad de gases magmáticos SO₂ (datos satelitales OMI-NASA). Todos estos datos constituyen indicios del inicio del debilitamiento del aporte de magma; sin embargo, la disminución de la actividad explosiva solo llegó luego de la explosión más energética de este proceso (5752 MJ de energía) ocurrido el 19 de abril. Esta explosión eyectó proyectiles balísticos (bloques y bombas volcánicas) de gran tamaño a distancias relativamente lejanas (2,5 km al NW del cráter).

Posteriormente, desde el 24 de abril ya se observa una franca disminución en el número y la energía de las explosiones/exhalaciones. La [Figura 4](#) muestra la energía acumulada de sismos Híbridos (asociados al ascenso de

magma) como energía interna de ascenso y de Tremores (asociados a emisión de cenizas) como energía liberada o desgasificación, observándose que los picos de eventos Híbridos preceden a los picos de Tremores. En los meses siguientes, entre mayo-noviembre, la actividad permaneció baja aunque con algunas explosiones/exhalaciones menores y esporádicas. La última explosión del año 2014 ocurrió el 23 de noviembre.

2.2. Características Sísmicas: Periodo 2015

2.2.1. Hito a

Entre diciembre de 2014 e inicios de enero de 2015 no se registró explosión alguna, pero se observó un breve incremento en el número de sismos de tipo fractura (VTs) y Tornillos ([Figura 5, hito a](#)), que fueron asociados al aumento de la presión interna. Esta breve etapa de incremento de VTs ([Figura 5, 2º fase](#)), se reinició el 04 de febrero de 2015, mostrando picos muy energéticos (por ejemplo, sismo de 609 MJ del día 17 de febrero). Días después, desde el 19 de febrero y durante más de 6 semanas, ocurren también altas tasas diarias de sismos Tornillos. A este momento, se interpretó que la presencia de sismos VT y de tipo tornillo mostraba que la presión interna en el edificio volcánico iba incrementándose.

2.2.2. Hito b

El día 06 de enero de 2015, la señal sísmica de fondo (background), asociada a temblores, inicio un incremento sostenido, el cual se mantuvo por 31 días consecutivos ([Figura 5, hito b](#)). Este comportamiento estuvo relacionado a la perturbación del sistema hidrotermal generado por el ascenso de material magmático, sísmicamente manifestado por la presencia de híbridos en una primera fase ([Figura 5, 1º fase de Híbridos](#)).

2.2.3. Hito c

Luego, casi tres semanas antes de la explosión del 8 de abril de 2015, se comenzó a registrar un incremento de sismos híbridos ([Figura 5, hito c: 2º fase de Híbridos](#)), llegándose a tasas de varias decenas de eventos híbridos por día a inicios de abril, sin embargo, de menor energía que lo observado en abril de 2014, a pesar de ello, este hecho fue interpretado como inminente actividad explosiva (249 sismos híbridos fueron registrados hasta el 7 de abril 2015).

2.2.4. Hito d

Finalmente, el 08 abril ocurrió una pequeña explosión que generó 1MJ de energía ([Figura 5, hito d](#)), que habría sido suficiente para abrir completamente el conducto y liberar la presión acumulada. Fue la primera explosión que ocurría en el volcán luego de poco más de cuatro meses (última explosión: 23 de noviembre de 2014).

2.2.5. Hito e

Inmediatamente reiniciadas las explosiones, la emisión de ceniza, asociada a temblores, indicaban que el proceso de desgasificación había comenzado nuevamente.

3. Conclusiones

Las observaciones realizadas en el actual proceso eruptivo 2013-2015, han mostrado la misma secuencia sísmica en las fases eruptivas de tipo freático (septiembre de 2013) y magmático (2014 y abril de 2015). Incluso en observaciones realizadas cuatro meses antes del inicio del proceso eruptivo 2006-2009. Esta secuencia corresponde a: (a) sismos Tornillos y VTs (interpretados como presión interna producto del ascenso de magma hacia la cámara magmática más cercana a la superficie, y conductos/cavidades de las proximidades), (b) sismos híbridos (interpretados como generados en momentos de la llegada de magma a la superficie), (c) Explosiones/Exhalaciones y tremor espasmódico continuo (salida de ceniza, desgasificación del sistema).

La mecánica de la actividad pre-eruptiva, eruptiva y post-eruptiva son similares para la sismicidad de los años 2013, 2014 y 2015; es decir, (a) acumulación de presión y paso limitado de fluidos magmáticos, (b) perturbación del sistema hidrotermal, (c) ascenso de material magmático, (d) inicio de etapa explosiva y (e) desgasificación del sistema volcánico.

Nuevas herramientas fueron implementadas para apoyar la vigilancia sísmica del volcán Ubinas, como el sistema MIROVA para la detección de anomalías térmicas y el sistema OMI-NASA para el registro de densidad de gases SO₂.

Referencias

- Macedo O, Métaixian J-Ph, Taïpe E., Ramos D, Inza A. (2009).- "Seismicity associated with the 2006-2008 eruption, Ubinas volcano.- VOLUME Project ISBN 978-1-905254-39-2, p.p. 262-270.
- White R. (2011).- "Monitoring volcanoes and forecasting eruptions". Volcano Observatory Best Practices Workshop: Eruption Forecasting, 11-15 September 2011, Erice, Italy.
- Macedo O, Del Carpio J, Centeno R, Machacca R, Portugal D, Huancco O, Chijcheapaza R. (2013).- "Características Sísmicas de la Actividad Explosiva del Volcán Ubinas Ocurreda en setiembre 2013".
- White R, McCausland W. (2015).- "Volcano-tectonic earthquakes: A new tool for estimating intrusive volumes and forecasting eruptions".

Ilustraciones

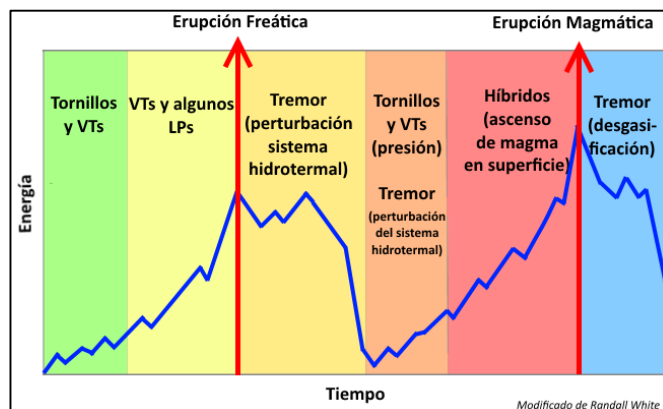


Figura 1.- Los principales acontecimientos (barras de color), asociados a la energía de eventos sismo-volcánicos (línea azul), calculada en Megajoules o MJ, se presentaron cíclicamente durante el proceso volcánico 2013-2015, este patrón sísmico permitirá el pronóstico de futuras fases eruptivas.

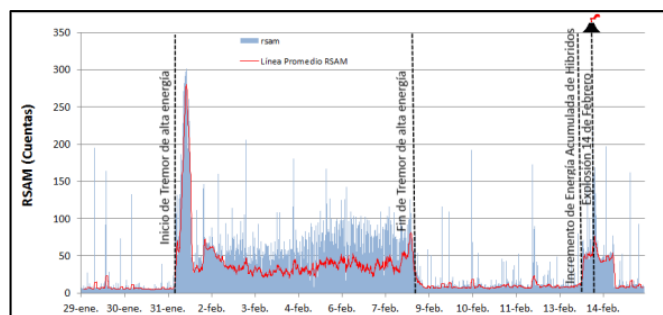


Figura 2.- Evolución del RSAM entre el 29 enero al 14 febrero de 2014. La curva RSAM muestra un incremento notable el 31 de enero, principalmente generado por aparición de un intenso y continuo tremor sísmico. El 14 de febrero, luego de notable disminución del tremor y 4 días de relativa calma, ocurre la primera explosión magmática que generó 239 MJ de energía.

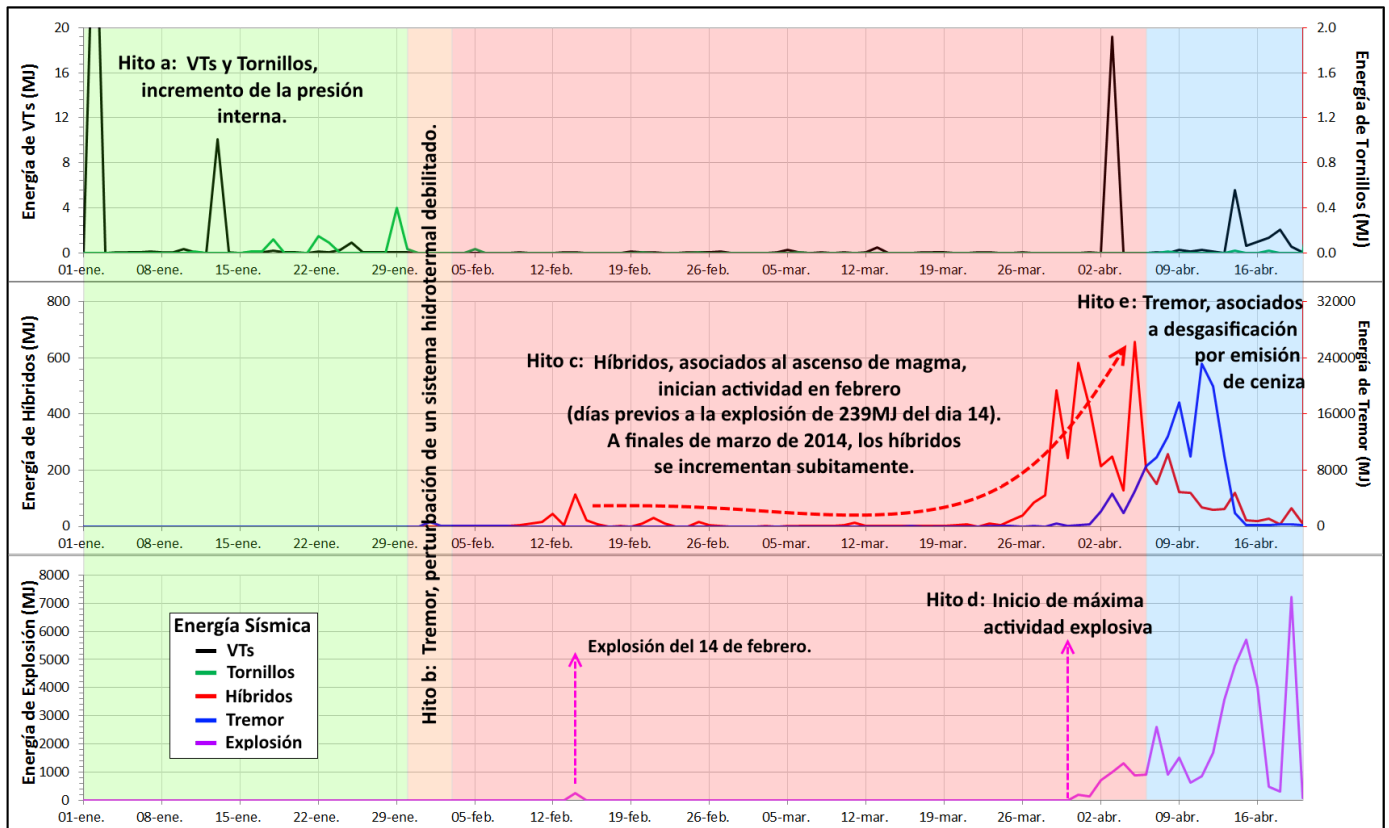


Figura 3.- A finales de 2013 la sismicidad era considerada baja. hito a: En enero de 2014, el registro de VTs y Tornillos indicaban un incremento de presión al interior del volcán; hito b: con un cuerpo magmático en ascenso, el sistema hidrotermal se vio perturbado, ebullición y recirculación de fluidos se manifestaron en tremor sísmico; hito c: la presión disminuye y el ascenso de magma es continuo, se registran híbridos, a finales de marzo la energía acumulada de híbridos muestra un incremento súbito; hito d: luego de un incremento brusco y sostenido en la energía acumulada de híbridos, se reinicia, el 31 de marzo, la mayor actividad explosiva; hito e: el declive en este proceso eruptivo se manifiesta a partir del 14 de abril con una disminución general de todos los parámetros observados, las explosiones continúan.

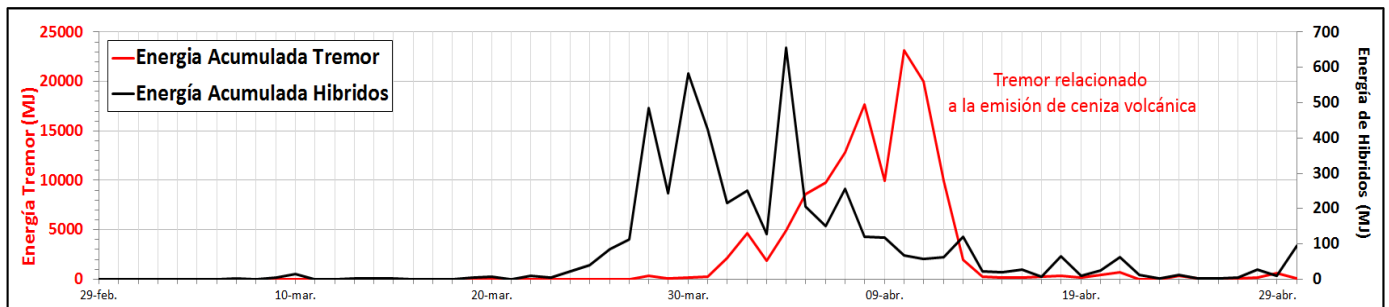


Figura 4.- La intersección de las curvas de energía de Híbridos y Tremores, probablemente, marca el inicio de una etapa de desgasificación con menor aporte de magma.

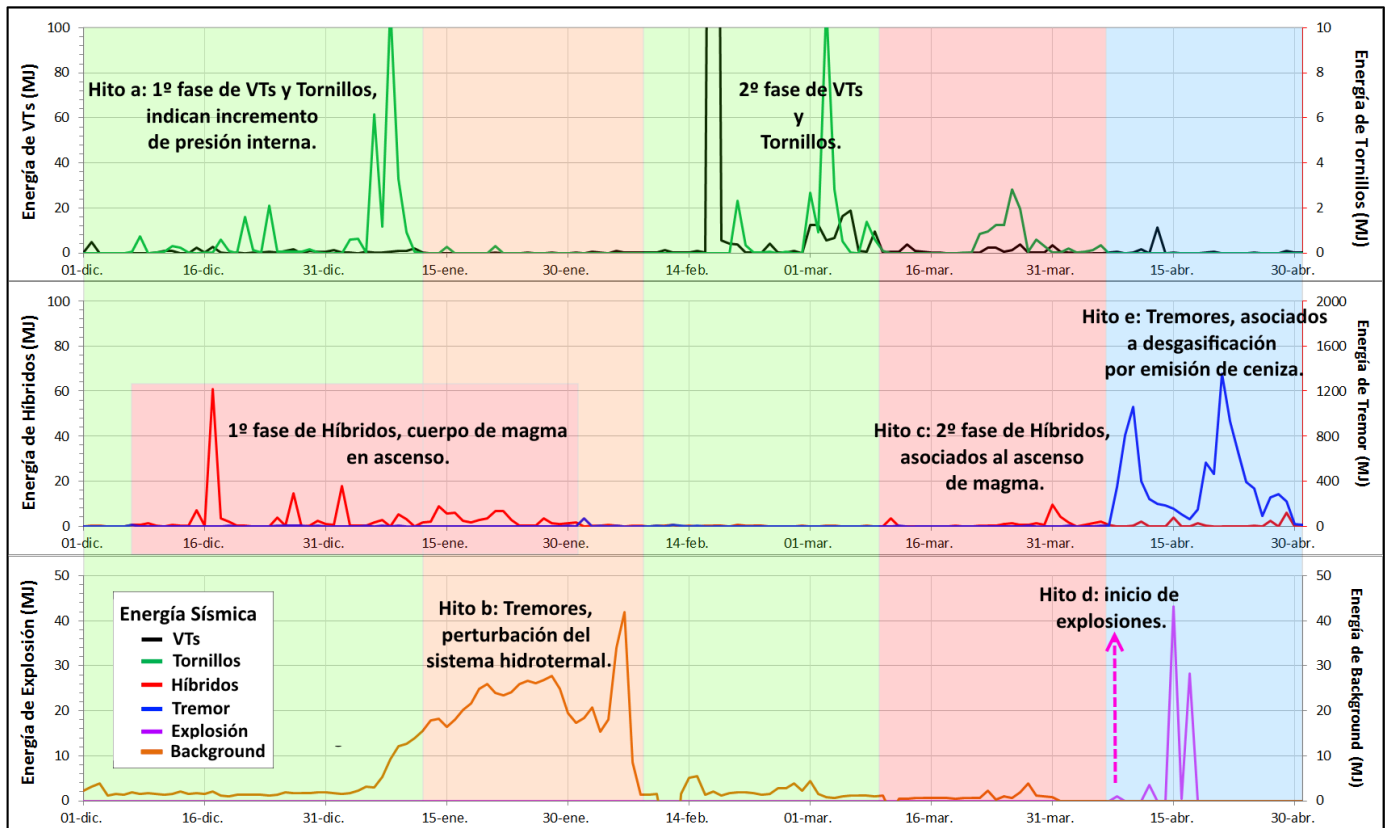


Figura 5.- hito a: A finales de 2014 se registra un incremento de sismicidad tipo VT y Tornillo, indicando acumulación de presión al interior del volcán, se observaron dos fases; hito b: un cuerpo magmático en ascenso perturbo el sistema hidrotermal por aproximadamente 31 días; hito c: se genera un incremento de la sismicidad asociada al ascenso de magma, específicamente sismos Híbridos, presento dos fases, la primera de ellas, genero mayor energía; hito d: se inicia el 8 de abril la actividad explosiva, la presión interna disminuye (disminución del registro de sismos VT); hito e: desgasificación, la actividad continua y las explosiones son esporádicas.