

# Caracterización del proceso eruptivo del volcán Ubinas 2013- 2017 mediante el monitoreo multiparamétrico

Rosa Ancasi, Edu Taipe, Jersy Mariño, Fredy Apaza, Rafael Miranda, Domingo Ramos, Javier Calderón, Pablo Masías, Mayra Ortega, Beto Ccallata, Rosario Paxi, Saida Japura, David Valdivia, Luis Cruz.

<sup>1</sup> Observatorio Vulcanológico de INGEMMET, Barrio magisterial 2B-16 Yanahuara, Arequipa, Perú (autonomodgar06@ingemmet.gob.pe)

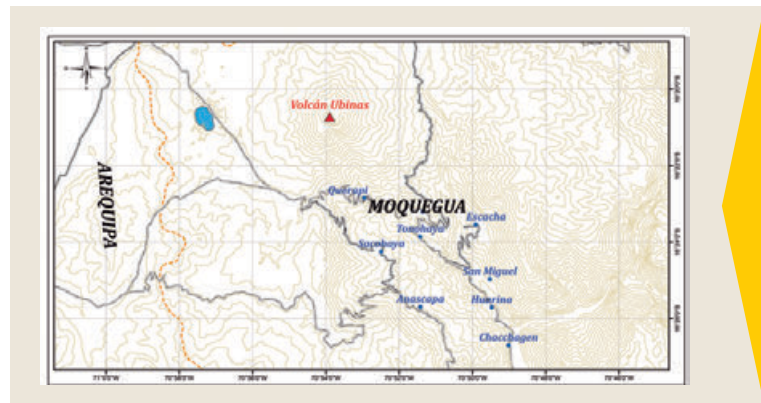
Palabras clave: Volcán Ubinas, explosiones, ceniza, proceso eruptivo.

## INTRODUCCIÓN

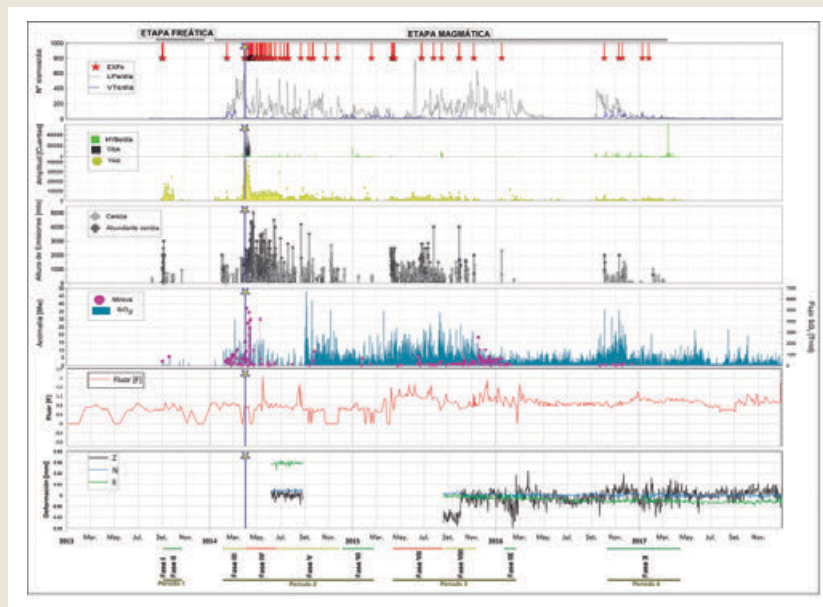
El volcán Ubinas ( $16^{\circ}22'S, 70^{\circ}54'O$ ; 5762 m s. n. m.) está localizado en la región Moquegua, a ~70 km al este de la ciudad de Arequipa. Políticamente, se encuentra en la jurisdicción de la región Moquegua, provincia General Sánchez Cerro, distrito de Ubinas (Fig.1).

Es considerado el volcán más activo del Perú, presentó al menos 26 erupciones desde el año 1550 d. C. hasta la actualidad, con una recurrencia de 2 a 6 erupciones por siglo, los cuales tuvieron un índice de explosividad

volcánica (IEV) entre 1 y 3, caracterizadas por un dinamismo vulcaniano (Rivera et al., 2011).



► Fig. 1 - Mapa de ubicación del volcán Ubinas



► Fig. 2 - Gráfico del análisis multiparamétrico del proceso eruptivo del volcán Ubinas 2013 - 2017. Se observa las etapas, periodos y fases de actividad. La estrella en amarillo representa el sismo de Iquique (Chile) de 8.2 MW.

## CARACTERIZACIÓN DEL PROCESO ERUPTIVO 2013-2017

El proceso eruptivo del volcán Ubinas empezó en septiembre del 2013 y culminó en marzo del 2017, con una duración de tres años y medio, mediante el monitoreo multiparamétrico que realiza el Observatorio vulcanológico del INGEMMET, se pudo determinar etapas, periodos y fases de actividad (Fig. 2) que a continuación se describen:

### 1.1. ETAPA PRE-ERUPTIVA

El volcán Ubinas presentó un incremento en la ocurrencia y altura de las emisiones de gases y vapor de agua desde mayo del 2012, pasando de < 50 a 600 m sobre el cráter. Por otro lado, desde principios del 2013, se registraron sismos tipo tornillos (TOR), así como el aumento de la energía sísmica diaria y VTs (sismo volcano tectónico) a partir de julio del mismo año (Macedo et al., 2014). Lo descrito anteriormente indicaría un estado de presurización del sistema hidrotermal, el cual continuó hasta septiembre del 2013, en donde se inició el proceso eruptivo.

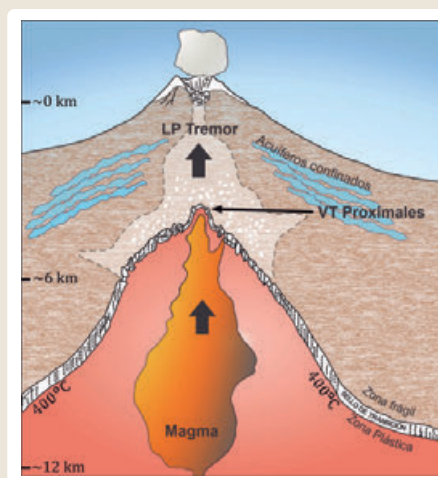
### 1.2. ETAPA ERUPTIVA FREÁTICA

Periodo 1: 01 de septiembre al 21 de octubre del 2013  
El periodo 1 corresponde al inicio del proceso eruptivo (01 de septiembre de 2013) y al inicio de la etapa freática; este periodo contiene las fases I y II, que corresponden a un nivel de actividad alta y baja, respectivamente. La fase I (alta) comprende las 9 explosiones registradas entre el 01 y 07 de septiembre de 2013 (Fig. 3), cuyas alturas máximas alcanzaron los 3000 m sobre el cráter y sus direcciones de dispersión estuvieron entre el norte y suroeste. Los estudios mineralógicos de la ceniza emitida durante esta fase indicaron la presencia de material hidrotermalizado y lapilli acrecional. El lapilli acrecional está constituido por partículas de ceniza muy finas recubiertas por líquidos (soluciones acidas estables a una humedad relativa del 100 %, Gilbert et al. 1994). Durante este periodo también se emitieron proyectiles balísticos que alcanzaron distancias de hasta 800 m desde el cráter. La Fig. 4 explica la etapa freática; este modelo reflejaría la primera interacción del ascenso de un cuerpo de magma y el sistema hidrotermal localizado debajo del volcán Ubinas, relacionado principalmente a la transferencia de calor. La ocurrencia de sismicidad VT

estuvo asociada principalmente al fracturamiento del sello de transición y los eventos LP (sismo Largo Periodo); se registraron por el movimiento de fluidos del sistema hidrotermal que eran perturbados por el calor producto de la intrusión, lo que se confirmaría con la aparición de la primera anomalía térmica de 2.8 MW registrada minutos después de la primera explosión. Asimismo, se observó actividad tipo Tremor (TRE) registrada junto a las explosiones, lo cual indicaría la apertura del sistema. Durante la fase II (media), la actividad volcánica volvió a un estado de relativa calma con algunas emisiones ceniza que no sobrepasaron los 900 m sobre el cráter.



► Fig. 3 - Explosión registrada el 07 de septiembre del 2013 en el volcán Ubinas (fotografía: Masías).



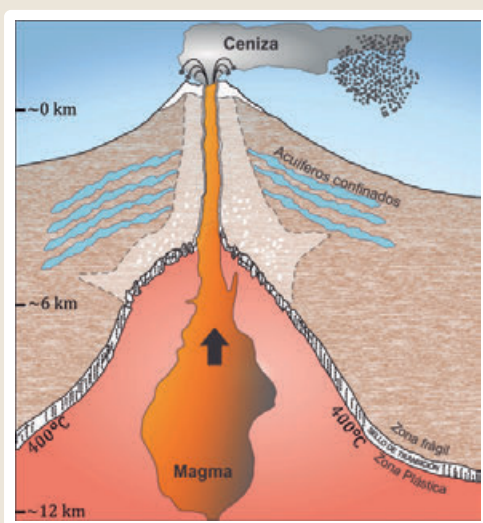
► Fig. 4 - Modelo del proceso eruptivo correspondiente a la etapa freática (modificado de White, 2011).

### 1.3. ETAPA ERUPTIVA MAGMÁTICA

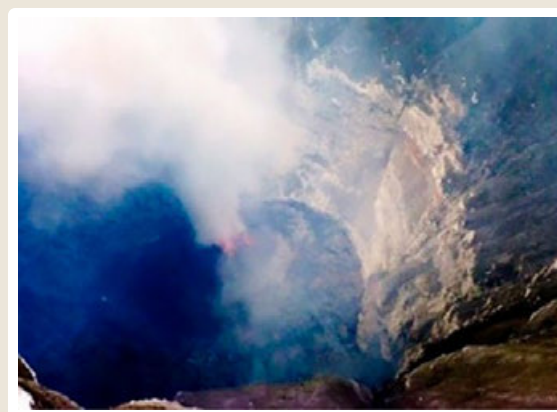
Periodo 2: 01 febrero del 2014 al 19 de febrero del 2015

El periodo 2 corresponde al inicio de la etapa magmática y periodo de mayor actividad del proceso eruptivo. Comprende 4 fases de actividad entre altas, medias y bajas. La fase III (media) inicia el 01 de febrero del 2014 y se caracterizaría por una intensa desgasificación con fragmentación parcial de magma. El estudio de los componentes de la ceniza muestra la presencia cristales de plagioclasa, a piroxenos en fragmentos de magma sin alteración, lo que sugiere un cambio en la composición de la ceniza a partir de esta fecha, es decir, la transición de ceniza hidrotermal a ceniza juvenil. La Fig.5 explica la etapa magmática. Entre febrero y marzo del 2014, se dio el rompimiento del sello de transición por la intrusión y, finalmente, el

paso del magma desde la zona plástica a la zona frágil, y su continuo ascenso hacia la superficie (incremento de sismos relacionados al ascenso, movimiento de fluidos y fracturamiento; constantes anomalías MIROVA y aumento de emisiones  $SO_2$ ). La presencia de un cuerpo magmático en el fondo del cráter del volcán fue corroborada el 19 de marzo (Fig. 6). A partir del 01 abril del 2014 (fase IV - alta) se observaron inyecciones constantes de magma, en consecuencia, podemos inferir que la fase IV se caracterizó por una aceleración general de las tasas de erupción de magma, caracterizado por el magma en superficie, el cual era destruido continuamente por las explosiones que permitían la apertura temporal del sistema. Posiblemente, el sismo de Iquique (Chile) de Mw 8.2 (Fig.2) haya perturbado el sistema volcánico provocando cambios en el comportamiento de los distintos parámetros.



► Fig. 5 - Modelo del proceso eruptivo correspondiente a la etapa magmática (modificado de White, 2011).



► Fig. 6 - Cuerpo de lava localizado dentro del cráter del volcán de Ubinas entre 80 y 100 m de diámetro, observado el 19 de marzo 2014. (Fuente: José Acosta de Defensa Civil de la Municipalidad General Sánchez Cerro).

Las emisiones de ceniza ocurridas durante esta fase fueron considerables, con alturas que llegaron hasta los 5000 m sobre el cráter y fueron dispersadas a 20 km de distancia con direcciones predominantes entre noreste y noroeste. Como consecuencia de las continuas explosiones, el tapón de magma se destruyó posteriormente, ya que a finales de mayo del 2014 no había cuerpo de magma en la parte inferior del cráter (Coppola et al., 2015). La fase V (media) corresponde al periodo comprendido entre junio y

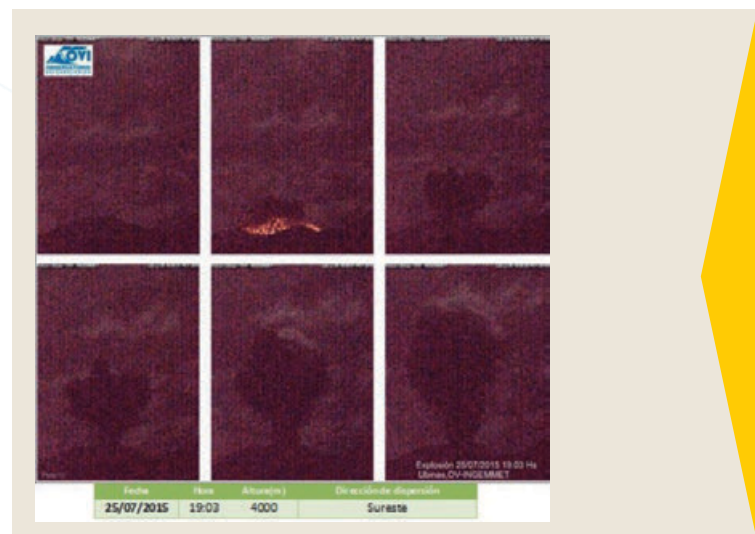
noviembre del 2014. Esta fase se caracterizó por la ocurrencia de emisiones de ceniza con un promedio de alturas de 1000 m sobre el cráter, y disminución del ascenso de magma. Por último, la fase VI (baja), comprendida entre diciembre del 2014 y febrero del 2015, es considerada como baja, podemos sugerir que las bajas tasas de inyección magmática hayan influenciado en la disminución y posteriormente ausencia parcial de la actividad explosiva.



### Periodo 3: 08 de abril del 2015 al 15 de febrero del 2016

El periodo 3 contiene 3 fases de actividad: alta, media y baja sucesivamente; corresponde a su vez a uno de los periodos de mayor actividad después del periodo 2. La fase VII (alta) comprende entre abril y agosto del 2015. Esta fase indicó una nueva inyección/recarga de magma (aumento de sismos híbridos y emisiones del SO<sub>2</sub>). Las emisiones de ceniza tuvieron alturas promedio entre 2500 y 3000 m sobre el cráter, las cuales en su mayoría se debieron al registro continuo de tremor espasmódico (TRE). También, se observó la eyección de proyectiles balísticos, de tamaños menores (Fig. 7). La fase VIII (media) corresponde al periodo comprendido entre agosto y noviembre del 2015, y se caracterizó por presentar esporádicas emisiones con alturas en promedio de 2000 m sobre el cráter. Finalmente, la fase IX (baja) entre enero y febrero del 2016 muestra una disminución notoria de la actividad volcánica. Se continuaron registrando

anomalías térmicas posiblemente relacionadas a un sistema más abierto (Fig. 2).

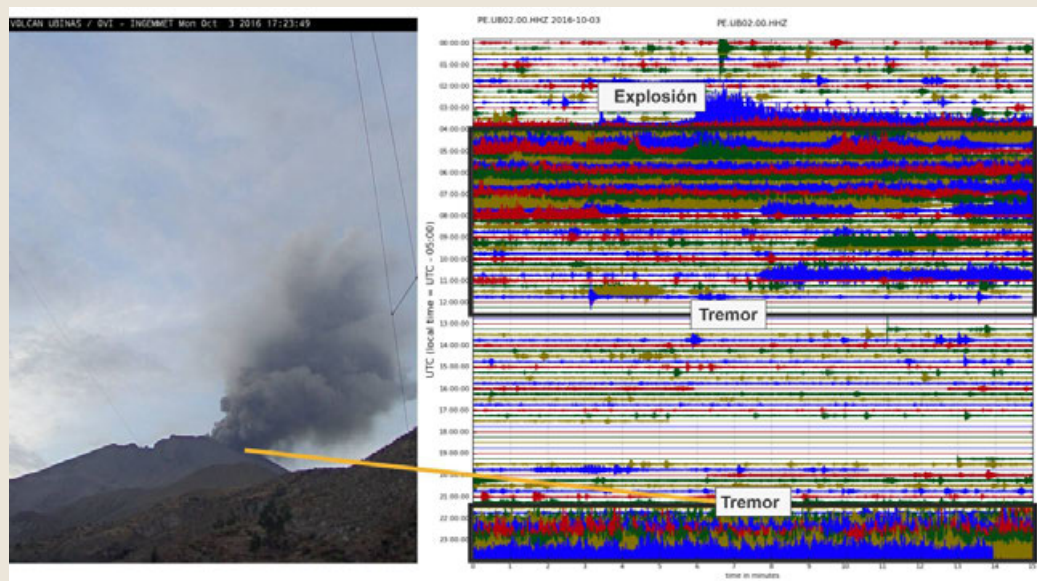


► Fig. 7 - Sucesión de imágenes de una explosión con balísticos registrada en el volcán Ubinas, correspondiente al periodo 3 fase VII.

### Periodo 4: 03 de octubre del 2016 al 06 de abril del 2017

El periodo 4 es el último periodo del proceso eruptivo, Después de una fase notable de quietud de

aproximadamente siete meses. Contiene solo una fase de actividad (fase X - baja), se observaron emisiones esporádicas con menor contenido de ceniza y cuyas alturas máximas llegaron a los 2000 m sobre el cráter (Fig. 2 y 8).



► Fig. 8 - - Actividad volcánica del periodo 4 (03 de octubre del 2016). Izquierda: emisión de ceniza, vapor de agua y gases. Derecha: sismograma de la estación UBN02, registro de la explosión y tremor asociado a la emisión.

## CONCLUSIONES

- ▶ El volcán Ubinas es considerado el más activo del Perú, presentó 26 erupciones desde el año 1550 d.C. con IEV entre 1 y 3.
- ▶ El monitoreo multiparamétrico del OVI, permitió caracterizar el proceso eruptivo del volcán Ubinas entre septiembre del 2013 y marzo del 2017, identificando etapas, periodos y fases de actividad.
- ▶ La etapa freática se caracterizó por la ocurrencia de explosiones con alturas hasta 3000 m sobre el cráter. El material expulsado consistió en fragmentos hidrotermalizados y lapilli acrecional. Esta actividad indicaría la primera interacción de un cuerpo de magma y el sistema hidrotermal, así como la apertura del sistema.
- ▶ La etapa magmática, presentó intensa desgasificación al inicio, así como el rompimiento del sello de transición por la intrusión y finalmente el paso del magma desde la zona plástica a la zona frágil, y su continuo ascenso hacia la superficie. El estudio de los minerales (plagioclasa, piroxenos) de la ceniza mostró la transición de ceniza hidrotermal a ceniza juvenil. Las emisiones de ceniza llegaron hasta los 5000 m sobre el cráter y fueron dispersadas hasta 20 km de distancia.

## REFERENCIAS

- ▶ Coppola, D., Macedo, O., Ramos, D., Finizola, A., Delle Donne, D., Del Carpio, R., White, R., McCausland, W., Centeno, R., Taipei, E. (2015). Magma extrusion during the Ubinas 2013-2014 eruptive crisis based on satellite thermal imaging (MIROVA) and ground-based monitoring. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 302: 199-210. <https://doi.org/10.1016/j.jvolgeores.2015.07.005>.
- ▶ Gilbert, J.S., Lane, S.J. (1994). The origin of accretionary lapilli. *Bull Volcanol* 56, 398-411. <https://doi.org/10.1007/BF00326465>.
- ▶ Macedo, O., Del Carpio, J., Centeno, R., Machacca, R., Portugal, D., Huancco, O., Chijcheapaza, R. (2014). Características sísmicas de la actividad explosiva del volcán Ubinas ocurrida en septiembre 2013. En: Congreso Peruano de Geología, 17, Lima, 2014. Resúmenes. Lima: Sociedad Geológica del Perú, 5 p.
- ▶ Rivera, M., Mariño, J., Thouret, J.-C. (2011). Geología y evaluación de peligros del volcán Ubinas. INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica, 46, 88 p. <https://hdl.handle.net/20.500.12544/302>.