PROCESOS PETROGENÉTICOS IMPLICADOS EN EL DESENCADENAMIENTO DE LA ACTIVIDAD ERUPTIVA 2006-2009 y 2014 DEL VOLCÁN UBINAS (MOQUEGUA)

Marco Rivera[(1)], Pablo Samaniego[(1,2)], Jersy Mariño[(1)], Jean-Claude Thouret[(2)]

(1) Observatorio Vulcanológico del INGEMMET (Dirección de Geología Ambiental y Riesgo)
mrivera@ingemmet.gob.pe
(2) Laboratoire Magmas et Volcans, Université Blaise Pascal, CNRS, IRD

INTRODUCCIÓN

El volcán Ubinas (5672 msnm), localizado en el departamento de Moquegua, es el volcán más activo delsur peruano, dado que desde el año 1550 AD ha presentado al menos 25 episodios de actividad fumarólica, explosiones y emisiones de ceniza (Rivera et al., 2010). Recientemente, entre el año 2006-2009y nuevamente en el 2014 viene presentandouna actividad explosiva intermitente,caracterizada por frecuentes explosiones de tipo vulcaniano, asociadas con emisiones de ceniza a escala local y a veces a escala regional.

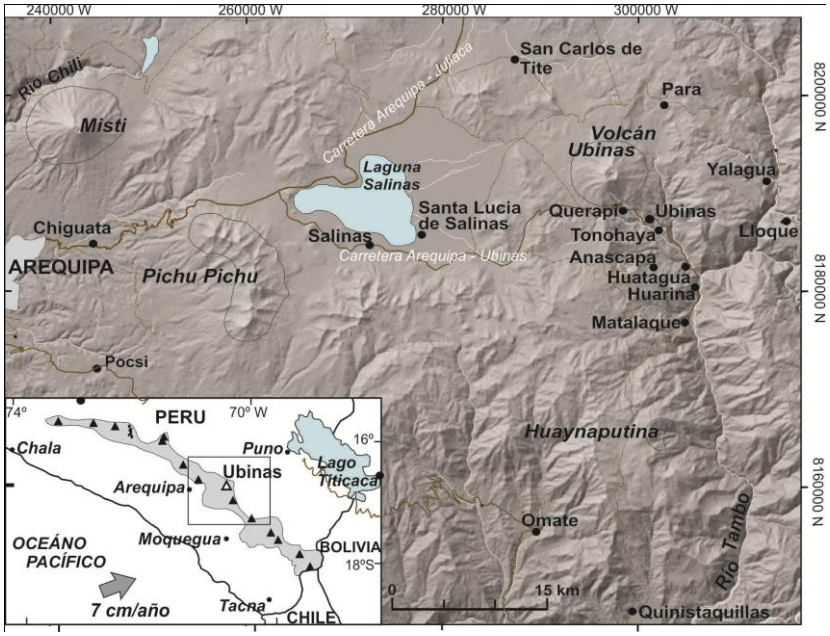

Fig. 1. *Mapa de localización del volcán Ubinas y poblados asentados en sus inmediaciones.*

En este trabajo se presentan los resultados del estudio petrológico y geoquímico de los productos juveniles emitidos por el volcán Ubinas, tanto en el período 2006-2009 como los recientemente emitidos en el 2014. Estos datos han sido correlacionados con los eventos eruptivos y han permitido conocerlos tipos de procesos petrogenéticos implicados en la generación de estos procesos eruptivos.

CARACTERÍSTICAS DE LAS ERUPCIONES Y SUS PRODUCTOS

ACTIVIDAD ERUPTIVA 2006-2009

Luego de aproximadamente 8 meses de alta actividad fumarólica, el27 de marzode 2006 se inicióun nuevo proceso eruptivo del volcán Ubinas. Esta actividad semanifestó por una continua desgasificación asociada a intermitentes explosiones vulcanianas. La actividad explosiva se intensificó entre abril y octubre de 2006, caracterizada por la ocurrencia continua de explosiones vulcanianas. Esporádicamente, entre el 27 deabril y29 de mayode 2006se eyectaron bloques balísticos de lavade composición andesítica. Algunos bloques balísticos, de hasta 2 m de diámetro, cayeron dentro de la caldera formando cráteres de impacto de hasta 7 mde diámetro, como los emitidos durante la erupción

de7 de mayo de 2006. Asimismo, columnas de cenizaalcanzaron frecuentementealturas de hasta 3500 m sobre la cima del volcán(por ejemplolas ocurridas el20, 22 de abril; 07, 22, 29 de mayo; 2, 18, 23 de junio; 10, 19, 22 de julio; 12 de agosto de 2006; y 16, 24 de abrilde 2007). El espesor acumulado de la cenizaemitidaen el curso dela erupcióntiene ~40cm de espesordentro de la caldera, pero se reduce a solo1cm deespesora 6 kmde distancia del centro de emisión. La actividad explosiva se redujo gradualmente a fines de diciembre del año 2009.

Fig. 2. *(a) Lava incandescente al fondo del cráter registrada el 19 de abril de 2006; (b) columna de ceniza de más de 2 km de altoregistradael 25 de agosto de 2006; (c) vista de un fragmento de bloquejuvenil emitido en mayo de 2006.*

ACTIVIDAD FREÁTICA2013

Después de casi cuatro años del cese de la actividad explosiva, el 1 de setiembre de 2013, el Ubinas empezó a presentar de manera súbita varias explosiones y emisiones de gases y ceniza. Es así que entre el 01 y 07 de setiembre, el Ubinas presentó 9 explosiones, a razón de una a dos explosiones por día,con formación de columnas de ceniza que tuvieron alturas de 1 a 3 km. Al interior de la caldera, se encontraroncráteres de impactode menos de 2 m de diámetro, asociados con la emisión debloques balísticos.Estosbloques corresponden a brechas volcánicas hidrotermalizadas que tienen menos de 0.8 m de diámetro.Se debe resaltar que en aquella oportunidad no se observaron bloques juveniles.

Fig. 3. *(a) Emisión de ceniza del 02 de setiembre; (b) vista de un fragmento de brecha volcánica emitido el 01 de setiembre 2013; (c) depósito de lapilli acrecional a 7 km al norte del Ubinas.*

Al interior de la caldera se encontró ceniza gruesa (>1 mm), mientras que en los flancos y en la planicie se encontró ceniza fina. El espesor acumulado de ceniza alcanza los 6 mm en el borde nor-occidental de la caldera, y menos de 1 mm en las localidades de San Juan de Tarucani y San Carlos de Tite (entre 8 y 18 km al noroeste del Ubinas). Cabe resaltar que en la planicie al norte del volcán, se encontró lapilli acrecional de 2 mm de espesor (Fig. 3), constituido por ceniza muy fina que fue acrecionada debido a la presencia de vapor de agua en la columna eruptiva.

En base a la presencia de brechas volcánicas intensamente hidrotermalizadas (provenientes del conducto volcánico), a la cantidad de ceniza fina y a la presencia de lapilli acrecional, se puede concluir que estas explosiones son de tipo freático (interacción agua meteórica y magma).

ACTIVIDAD ERUPTIVA 2014

La actividad explosiva se re-inicio a fines del mes de enero de 2014 y continua hasta la fecha de publicación del presente resumen (setiembre de 2014). Durante las primeras semanas de febrero y durante todo el mes de marzo se apreció un incremento paulatino en las emisiones de gases con muy poco contenido de ceniza, que alcanzaron alturas de hasta 2500 m sobre la cima del volcán. Los días 01 y 02 de marzo se observó la aparición de un cuerpo de lava en el fondo del cráter, de unos 30-40 m de largo que fue creciendo paulatinamente, tal es así que el día 19 de marzo el cuerpo de lava llegó a medir entre 150 a 170 m de diámetro. Este proceso eruptivo se intensificó entre los días 13 al 19 de abril, en la cual columnas eruptivascon alto contenido de gases y cenizaalcanzaron alturas de hasta 5000 my se registró la eyección de proyectiles balísticos de hasta 2 m a 2 km de distancia del cráter.Posteriormente, la actividad explosiva se presentó de manera variable, pero en descenso, cuyas columnas de gases y ceniza no superaron los 3000 m de altura.

Fig. 4. *(a) Lava incandescente al fondo del cráter (día 19 de marzo 2014); (b) columna de ceniza de más de 5 km de altura registrada el 19 de abril de 2014; (c) vista de un fragmento de bloquejuvenil emitido el 19 de abril 2014.*

PETROLOGÍA Y GEOQUÍMICA DE LOS PRODUCTOS ERUPTIVOS

Los bloques juveniles emitidos durante abril de 2014son similares en mineralogía y composición química, a los emitidos en la actividad de 2006-2009. En efecto, los bloques son de color gris oscuro de textura porfídica (Fig. 5b), algunos masivos y otros bastante vesiculados. Contienen minerales de plagioclasa (algunos con texturas de tamiz), ortopiroxeno, clinopiroxeno, óxido de Fe -Ti y poco olivino y anfíbol.

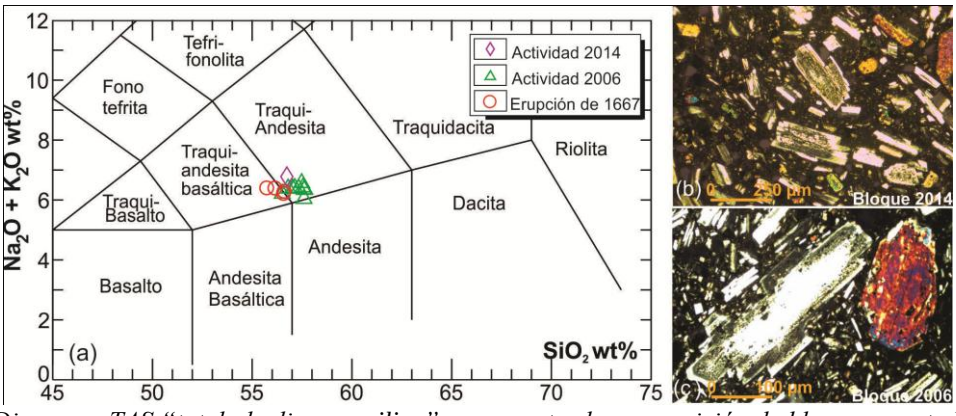

Fig. 5*. (a) Diagrama TAS "total alcalinos vs silice" que muestra la composición de bloques eyectados en 2006, 2014 y aquellos emitidos en el año 1667; (b) sección delgada del bloque andesítico emitido el 2006; y (c) bloque andesítico emitido en abril de 2014.*

Análisis en la microsonda electrónica de los bloques emitidos en el 2006 muestran frecuentemente texturas de desequilibrio tales como zonación inversa, zonas de reabsorción, sobrecrecimientos, etc. Los fenocristales de plagioclasa presentan zonación inversa ($An_{52\rightarrow62}$), así como los cristales de clinopiroxeno (Mg#65→80). Por su parte el olivino presenta coronas de reacción y ocasionalmente sobrecrecimiento de ortopiroxeno en sus bordes. Las rocas de la actividad 2006-2009 y las emitidas en el 2014 son de composición andesítica (56,7-57,6 wt.% SiO_2), relativamente homogéneas, que pertenecen a la serie calco-alcalina medio a altamente potásica. Estas rocas son una de las más básicas emitidas por el Ubinas a lo largo de su historia eruptiva (Fig. 5).

CONDICIONES PRE-ERUPTIVAS: PRESIÓN Y TEMPERATURA DE MAGMA

Para estimar las condiciones presión (P) – temperatura (T) del magma emitido en el 2006,hemos utilizado la formulación P-T de Ridolfi et al.(2010) basado en el contenido de aluminio del anfíbol. Los resultados muestran que los anfíboles registran una temperatura de cristalización de 998 ± 14 °C y una presión de 476 ± 36 MPa. Según Rivera et al. (2014) la aplicación de esta formulación para la serie entera del Ubinas muestra la existencia de dos campos: el primer campo incluye anfíboles que han cristalizado a baja presión (100-200 MPa = 4 - 7 km de profundidad) encontrados en andesitas silíceas, dacitas y riolitas; mientras que el segundo grupo de anfíboles de alta presión (250-550 MPa = 9 - 20 km de profundidad) son encontrados en andesitas y andesitas básicas (Fig. 6). Los anfíboles encontrados en los bloques eyectados en el año 2006 corresponden a anfíboles de alta presión.

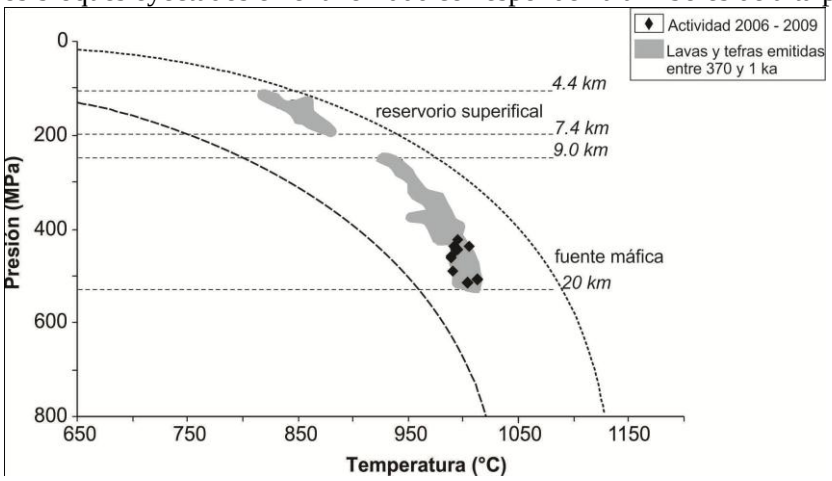

Fig. 6. *Diagrama Presión (y profundidad) – Temperatura de los anfíboles del volcán Ubinas. Los rombos negros representan los anfíboles de los bloques eyectados en el 2006 y los campos grises representan los anfíboles presentes en la serie entera del Ubinas.*

DISCUSIÓN Y CONCLUSIÓN

Los estudios efectuados muestran que los magmas emitidos durante la actividad de 2006-2009 y 2014son similares en composición química y mineralógica. Es decir de composición andesíticabastante homogénea (56,7-57,6 wt.% SiO_2). La mayoría de los fenocristales presentes en los bloques juveniles eyectados entre el 2006 y muy posiblemente los bloques eyectados en el 2014presentan textura de sobrecrecimiento y/o zonaciones inversas ligados a desequilibrios mineralógicos ocurridos durante su crecimiento. Estossonevidencias de procesos de mezcla de magma que sugieren que a lo largo del periodo 2006 y 2014 ha ocurrido una continua recarga de un magma máfico (más caliente) en un reservorio poco profundo, la cual produjo convección y homogeneización parcial del magma, así como un aumento de presión y mayor velocidad de ascenso de magma.Las explosiones vulcanianas registradas en este periodo 2014por el Ubinas sugieren la intermitente solidificación de un tapón de lava en el cráter con el consecuente incremento de la sobrepresión en la parte superior del conducto.

REFERENCIAS

1. Ridolfi, F., Renzulli, A., Puerini, M.(2010). Stability and chemical equilibriumofamphibole in calc-alkaline magmas: an overview, new thermobarometric formulations and application to subduction-related volcanoes. Contributions to Mineralogy and Petrology. 160: 45-66
2. Rivera, M., Thouret, J.C., Mariño, J., Berolatti, R., Fuentes, J. (2010). Characteristics and management of the 2006-2008 volcanic crisis at the Ubinas volcano (Peru). Journal of Volcanology and Geothermal Research, 198(1-2): 19-34.
3. Rivera, M., Thouret, J.-C., Samaniego P., Le Pennec J.-L. (2014). The 2006-2009 activity of the Ubinas volcano (Peru): Petrology of the 2006 eruptive products and insights into genesis, magma recharge and plumbing system. Journal of Volcanology and Geotermal Research, 270: 122-141.