



## La erupción del volcán Ubinas de 2013-2014: Evolución, productos emitidos, y efectos

**J. Mariño<sup>1</sup>, M. Rivera<sup>1</sup>, P. Samaniego<sup>2</sup>, P. Valderrama<sup>1</sup>, L. Macedo<sup>1</sup>, J. Vela<sup>1</sup>, E. Taipe<sup>1</sup>,  
I. Lazarte<sup>1</sup>, P. Masías<sup>1</sup>, D. Ramos<sup>1</sup>, F. Apaza<sup>1</sup>, M. Ortega<sup>1</sup>, D. Enríquez<sup>1</sup>, y J. Calderón<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Observatorio Vulcanológico del INGEMMET (OVI), Urb. Magisterial B-16, Umacollo, Yanahuara, Arequipa, Perú ([jmarino@ingemmet.gob.pe](mailto:jmarino@ingemmet.gob.pe))

<sup>2</sup> Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD), Calle 17, # 455, Corpac, San Isidro, Lima 27, Perú, y Laboratoire "Magma et Volcans", Université Blaise-Pascal, Clermont-Ferrand, Francia

### 1. Introducción

El objetivo de este trabajo es describir la evolución de la erupción del volcán Ubinas que tuvo lugar entre setiembre de 2013 y junio de 2014. El volcán Ubinas (16°22'S, 70°54'O) está localizado ~65 km al este de la ciudad de Arequipa. Se han reportado al menos 25 eventos eruptivos (VEI 1-3) entre el inicio de la conquista (1532 AD) hasta la actualidad (Simkim & Siebert, 1994; Thouret et al., 2005; Rivera et al., 2010).

Durante el período histórico, la actividad del Ubinas se caracterizó por la ocurrencia de frecuentes erupciones de talla pequeña a moderada (VEI 1-2), que incluían explosiones de tipo vulcaniano y frecuentes emisiones de gases y ceniza. Este tipo de erupciones corresponde a la actividad observada para el Ubinas durante el reciente episodio eruptivo (2006-2009 AD; Rivera et al., 2010). Sin embargo, el evento más importante del período histórico fue una erupción de talla moderada (VEI 3), catalogada como de tipo vulcaniana, acaecida en el año 1667 AD, que se caracterizó por generar flujos piroclásticos de escoria que fueron depositados en los flancos superiores del edificio.

Luego de 4 años de reposo, el 1ero de setiembre de 2013, el Ubinas inició un nuevo ciclo de actividad. Entre el 1ero y 7 de setiembre se registraron 7 explosiones freáticas importantes que generaron importantes columnas eruptivas de gases y ceniza de hasta 2 km de altura (Fig. 1). Posteriormente, entre el 8 de setiembre de 2013 y el 31 de enero de 2014, la actividad volcánica se mantuvo en niveles bajos, con emisiones de gases y

esporádicamente ceniza pero de muy poco volumen, que formaron columnas de emisión de menos de 1 km de altura sobre el cráter.

A partir del 1ero de febrero de 2014, la actividad eruptiva se incrementó gradual- y sostenidamente, hasta alcanzar el periodo más importante hasta la fecha, del 13 al 23 de abril de 2014, con la ocurrencia de constantes e importantes explosiones y formación de columnas eruptivas que alcanzaron alturas máximas entre 3 y 5 km (Fig. 2). Durante fines de abril y mayo las emisiones de gases y ceniza siguieron siendo importantes, con columnas eruptivas que alcanzaron en promedio entre 500 m y 3 km de altura. Sin embargo, el número y energía de las explosiones disminuyeron respecto a lo registrado entre la primera y segunda semana de abril.

### 2. Productos emitidos

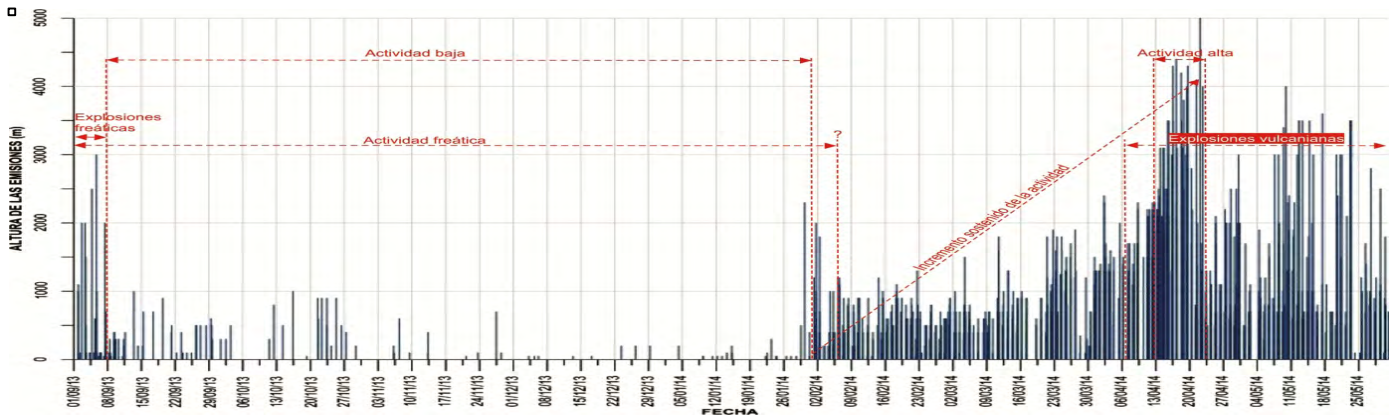
Los productos que emitió el volcán Ubinas entre setiembre de 2013 y mayo de 2014 son ceniza y proyectiles balísticos (bloques de lava).

#### 2.1. Ceniza volcánica

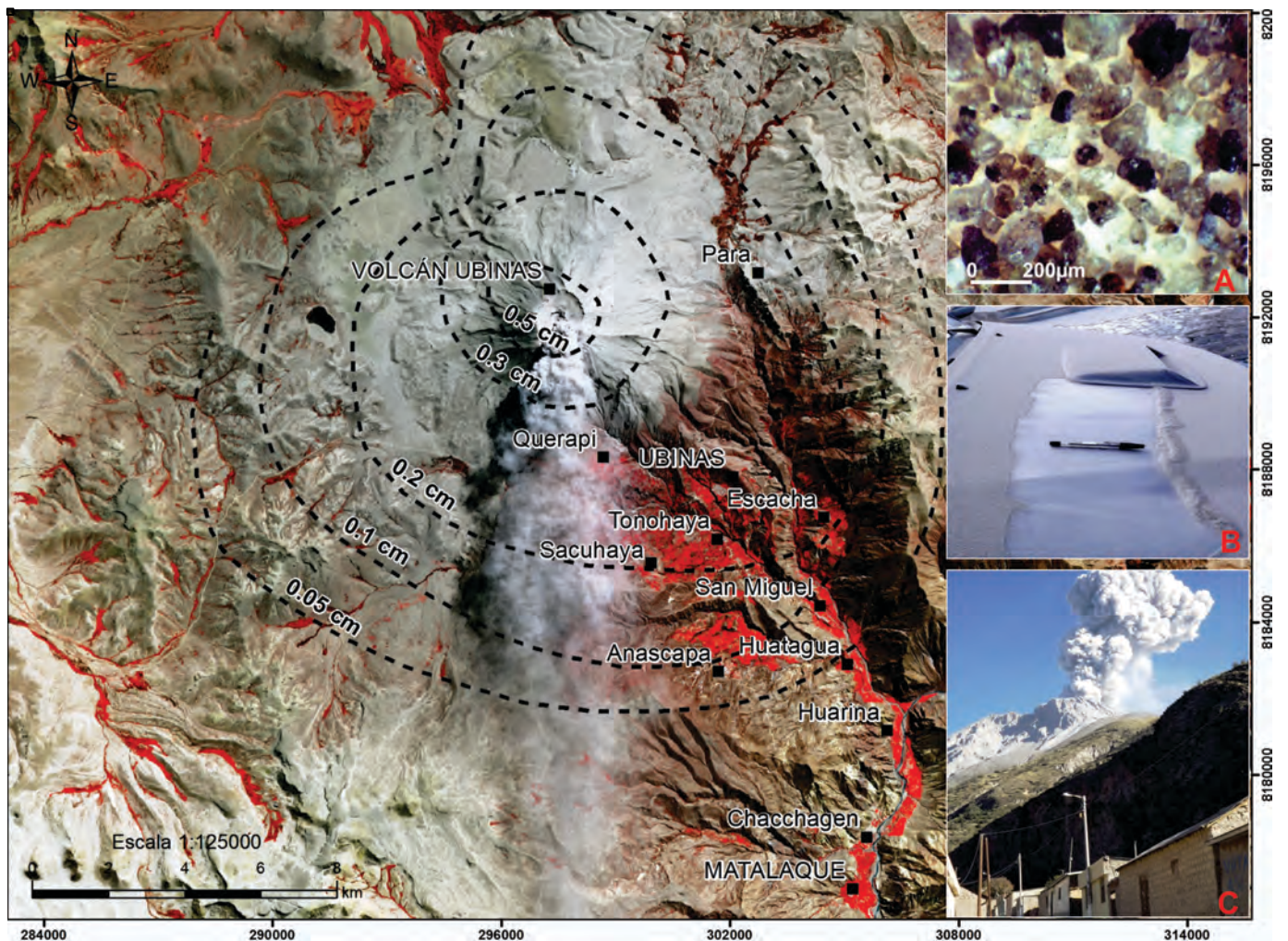
La ceniza emitida entre el 1ero y 7 de setiembre de 2013 fue muy fina, siendo conformada principalmente por materiales hidrotermalizados, lo que sugiere que las explosiones fueron de tipo freático.

La ceniza depositada los días 11 de febrero, y 22 y 23 de marzo de 2014, estuvo conformada principalmente de fenocristales de plagioclasa y piroxeno, vidrio, fragmentos líticos oxidados e hidrotermalizados (< 10 %), agregados de cristales y óxidos de hierro (< 1%) (Fig. 2A). Estas características sugieren que el material que viene

emitiendo el Ubinas desde inicios de febrero de 2014 es un material predominantemente juvenil, lo que se confirmó el 1ero de marzo, fecha en la cual se observó por primera vez la presencia de un cuerpo de lava en el fondo del cráter.



**Figura 1.** Altura de las emisiones de gases y cenizas del volcán Ubinas entre setiembre de 2013 y mayo de 2014, ilustrando la evolución del proceso eruptivo.



**Figura 2.** Mapa de isópacas de ceniza, sobre una imagen satelital de la NASA, mostrando la pluma de cenizas del 28/04/2014, que alcanza más de 18 km de largo. En recuadro: A) ceniza emitida el 22 y 23 de marzo; B) ceniza acumulada de 1 mm de espesor entre las 10:00 p.m. del 27/04/2014 y las 3:00 a.m. del 28/04/2014, 6 km al SE del volcán; C) columna eruptiva del día 26/04/2014.



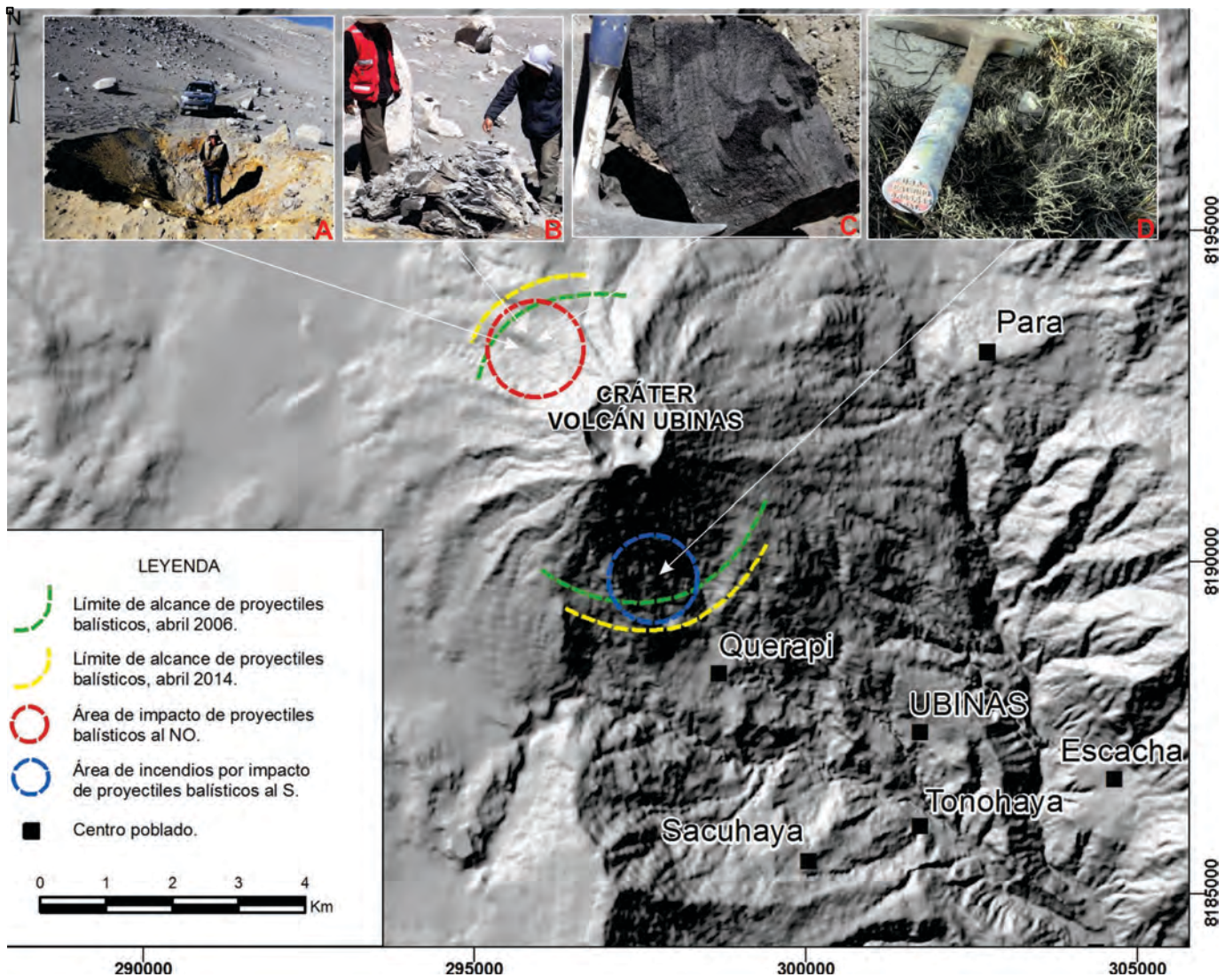
Por otro lado, las cenizas emitidas antes de marzo de 2014 tuvieron mayoritariamente dimensiones menores a 0.4 mm (ceniza fina) entre 3 y 5 km de distancia; mientras que las emitidas durante los meses de abril y mayo de 2014 fueron de granulometría ligeramente mayor, alcanzando hasta 0.5 y 1.0 mm de diámetro preferentemente en zonas cercanas al volcán (< 5 km de distancia del cráter).

El mapa de isópacas (Fig. 2) muestra el espesor de la ceniza acumulada hasta el 30 de abril de 2014. La capa de ceniza de 1 mm de espesor se encuentra a 10 km de distancia del cráter, la de 2 mm de espesor a 6 km de distancia, y la de 3 mm de espesor a 2.5 km, aproximadamente. Entre enero y abril de 2014 se produjeron precipitaciones que erosionaron parcialmente los depósitos de ceniza, por lo que consideramos que el volumen estimado es ligeramente menor al real. En base a este mapa y en base a los métodos de Pyle (1989) y de Fiertein y Nathenson (1992), se pudo estimar un volumen mínimo de ceniza emitida de 800,000 m<sup>3</sup>. En base a esta estimación se considera que la actual erupción del Ubinas se ubica cerca al límite entre los índices de explosividad

volcánica (IEV) de 1 y 2.

## 2.2. *Proyectiles balísticos (bloques y bombas volcánicas)*

Los primeros proyectiles balísticos fueron eyectados durante la explosión del 1ero de setiembre de 2013 (a las 22:46), y alcanzaron hasta 0.8 km de distancia del cráter. Los fragmentos de roca estuvieron conformados por material hidrotermalizado, provenientes del conducto volcánico, por lo que esta explosión fue catalogada como freática. Posteriormente, a partir de la explosión del 7 de abril de 2014, se reiniciaron las emisiones de bloques balísticos de forma más continua durante las explosiones, pero en esta oportunidad los bloques se consideraron como juveniles. Los mayores alcances de bloques balísticos se reportaron durante las explosiones ocurridas los días 15, 19 y 23 de abril, donde alcanzaron 1.5, 2.5 y 2 km de distancia, respectivamente (Fig. 3). Durante las últimas explosiones ocurridas a fines de abril y en mayo, los balísticos vienen siendo lanzados en promedio entre 400 y 800 m de distancia del cráter.



**Figura 3.** Alcance de proyectiles balísticos en abril de 2006 y abril de 2014. En recuadro: A) cráter de impacto de 4.5 m de diámetro y 1.6 m de profundidad, a 1.9 km de distancia del cráter; B) balístico de 1 m de largo y 0.4 m de ancho, eyectado a 1.8 km del cráter; C) detalle de balístico, donde se aprecian estructuras de flujo así como textura vesicular; D) ichu calcinado durante el impacto de proyectiles balísticos.

Durante la explosión del 19 de abril, fueron eyectados balísticos de hasta 1.5 a 2.0 m de diámetro en dirección NO, hasta 1.9 km del cráter, donde han formado cráteres de impacto que tienen entre 2 y 6 m de diámetro y entre 0.5 y 2.2 m de profundidad (Fig. 3). Este alcance es mayor al registrado en 2006: en dicha oportunidad bloques balísticos de similares dimensiones no sobrepasaron los 500 m de distancia y el alcance máximo fue de 1.8 km (Mariño et al., 2012; Rivera et al., 2010).

Los bloques balísticos emitidos en abril de 2014 están conformados por minerales de plagioclasa, ortopiroxeno, clinopiroxeno, olivino, anfíbol, y óxidos de Fe y Ti. Son de composición andesítica (56.7–57.6 wt% SiO<sub>2</sub>), similares a la de los bloques emitidos en la actividad de 2006-2009 (Rivera et al., 2012). La mayoría de los bloques son de color gris oscuro y textura porfírica; algunos son masivos y densos, y otros contienen abundantes vesículas.

### 3. Efectos de la erupción

La zona más afectada por las caídas de ceniza se encuentra dentro de un radio de 13 km del volcán, correspondiendo a la totalidad de los pueblos del valle de Ubinas y parte de centros poblados de San Juan de Tarucani. Caídas moderadas de ceniza se vienen registrando entre 13 y 20 km de distancia, y caídas muy leves y esporádicas alcanzan entre 20 y 40 km de distancia. La ceniza viene generando efectos negativos en la salud de las personas, así como en la actividad agrícola y ganadera.

Los proyectiles balísticos han alcanzado hasta 2.5 km, afectando principalmente los flancos SE, S, NO y O. Ocasionalmente han generado incendios locales en el flanco S, a sólo 1.5 km de Querapi, en una zona de pastoreo de camélidos y ovinos. La evacuación de dichos pobladores fue una medida acertada.

Hasta la fecha, la erupción ha obligado a evacuar 230 pobladores, que provienen de las localidades de Querapi (62 personas), Tonohaya (98 personas), Santa Rosa de Para (28 personas), y San Carlos de Titi-Cancosani (45 personas). También se ha reportado el traslado temporal hacia zonas seguras, de más de 4800 animales, entre llamas, alpacas, y ovejas (2400 en el sector de la Región Arequipa y 2400 en la Región Moquegua).

### 4. Comentarios finales y discusión

En función del análisis de los productos emitidos por el volcán Ubinas, así como por las características del proceso eruptivo, pensamos que la actividad registrada entre setiembre de 2013 y aproximadamente enero de 2014 fue de tipo freático. A partir de los primeros días de febrero de 2014 se inició la etapa magmática, la cual alcanzó su

mayor nivel durante los días 13 y 23 de abril de 2014, con la ocurrencia de constantes e importantes explosiones vulcanianas y la formación de columnas eruptivas que alcanzaron alturas máximas entre 3 y 5 km. En este periodo se registraron caídas de ceniza entre 30 y 70 km de distancia. Hasta el 30 de abril de 2014, el volumen mínimo de ceniza emitida por el volcán Ubinas fue de aproximadamente 800,000 m<sup>3</sup>.

Si bien el alcance de los productos emitidos durante el actual proceso eruptivo es ligeramente mayor al registrado en la erupción del 2006, el actual proceso eruptivo posee características muy similares a éste. Ambas erupciones se iniciaron con una actividad de tipo freático, pasaron luego a un régimen vulcaniano y alcanzaron un índice de explosividad volcánica (VEI) entre 1 y 2.

Por otro lado, el magma actual posee una composición química similar a la de la erupción de 2006 (andesita con 56.7–57.6 wt% SiO<sub>2</sub>) y de las erupciones registradas durante el tiempo histórico. Por lo antes descrito, pensamos que el actual proceso eruptivo tendría características similares al registrado en los últimos 500 años, es decir erupciones bajas a moderadas con un VEI entre 1 y 3, tal como fue propuesto por Thouret et al. (2005).

### Referencias

- Fierstein, J., Nathenson, M. 1992. Another look at the calculation of fallout tephra volumes. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, v. 54, p. 156–167.
- Mariño, J., Rivera, M., Macedo, O., Masías, P., Antayhua, Y., Thouret, J.-C. 2012. Gestión de la crisis eruptiva del volcán Ubinas, 2006-2008. *Boletín del INGEMMET, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, v. 45, 188 p.
- Pyle, D.M. 1989. The thickness, volume and grain size of tephra fall deposits. *Bulletin of Volcanology*, v. 51, p. 1–15.
- 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*, v. 198, p. 19-34.
- Simkim, T., Siebert, L. 1994. *Volcanoes of the World: A regional directory, gazeteer, and chronology of volcanism during the last 10,000 years*. Smithsonian Institution, Global Volcanism Program, Washington, D.C.
- Thouret, J.-C., Rivera, M., Wörner, G., Gerbe, M., Finizola, A., Fornari, M., Gonzales, K. 2005. Ubinas: The evolution of the historically most active volcano in southern Peru. *Bulletin of Volcanology*, v. 67, p. 557–589.