

# MONITOREO MULTIDISCIPLINARIO DEL VOLCÁN UBINAS, 2013 - 2014

Taipe E., Machaca R., Lazarte I., Ortega M., Paxi R. Apaza F., Masias P., Calderon J.

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico INGEMMET. edtaipe@ingemmet.gob.pe

## INTRODUCCIÓN

El monitoreo volcánico consiste en observar y cuantificar los cambios ocurridos en diferentes fases del estado de un volcán, mediante la aplicación de los métodos geoquímicos, geodésicos, visuales y sísmicos; además de diversos estudios geológicos, geofísicos y la aplicación de diversas técnicas e instrumentos tradicionales y modernos (Banks et al., 1989).

El Observatorio Vulcanológico del INGEMMET (OVI), adscrito a la Dirección de Geología Ambiental y Riesgos del INGEMMET, monitorea los volcanes activos del Perú y en especial el volcán Ubinas considerado como el más activo de la región Sur del Perú (Rivera et al., 1998). Este monitoreo consiste en analizar e interpretar los datos multidisciplinarios registrados en campo y los transmitidos vía telemetría hacia el OVI localizado en la ciudad de Arequipa. Los registros y el significado de estos son elementos fundamentales para entender la evolución de la actividad volcánica que puede devenir en una erupción.

El volcán Ubinas ( $16^{\circ}22' S$ ,  $70^{\circ}54' O$ , 5672 msnm.), es un estratovolcán andesítico ubicado a 90 km en dirección Norte de la ciudad de Moquegua y 65 km al Este de Arequipa. Su historia eruptiva se remonta hasta el Pleistoceno Superior. Desde el año de 1550 hasta la actualidad se han producido 26 eventos eruptivos (Rivera, 2010). El último nuevo proceso eruptivo se inicia el 1 de setiembre del 2013. En esta primera etapa de setiembre del 2013 se registran 9 explosiones en un lapso de 7 días, luego de este periodo el volcán vuelve a una aparente calma hasta febrero de 2014, a partir de entonces la actividad es intensa con la ocurrencia de explosiones frecuentes (figura 1), exhalaciones y emisiones continuas de ceniza y gases volcánicos. Este proceso se ha manifestado con mayor energía que la ocurrida entre los años 2006 - 2009, lo que ha causado

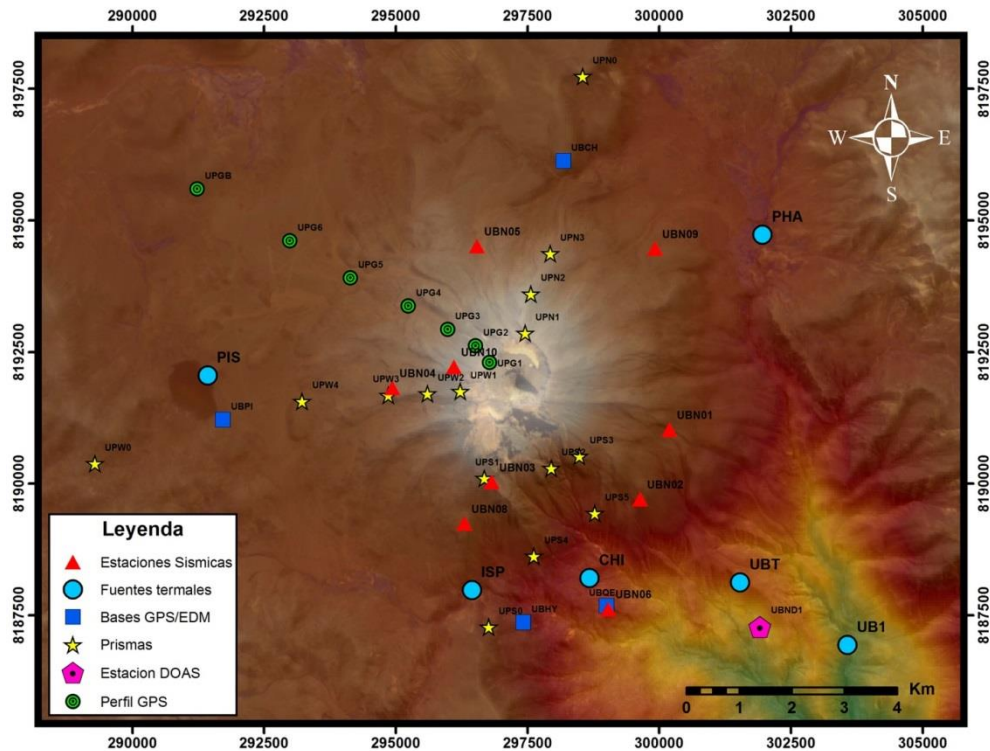
daños en los centros poblados del valle de Ubinas, principalmente por las caídas de ceniza afectando considerablemente a la salud de los pobladores, la agricultura y ganadería, fuentes económicas más importantes del valle de Ubinas.



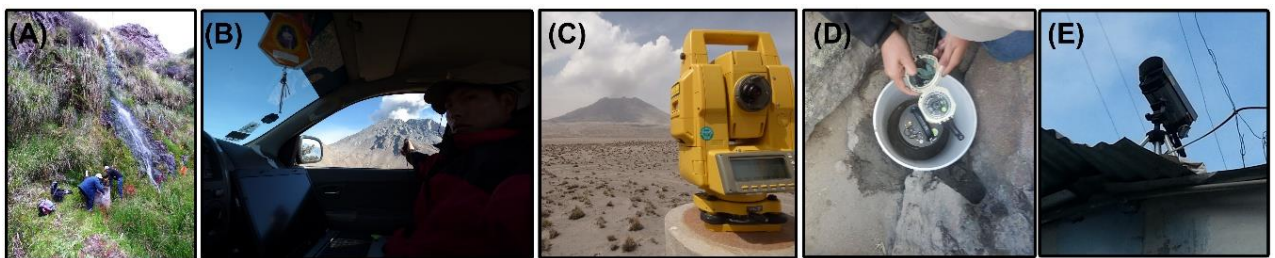
*Figura 1. Emisión importante de gases y ceniza del volcán Ubinas, registrada el 14 de abril de 2014*

## MONITOREO DEL VOLCÁN UBINAS

Desde septiembre de 2005 hasta la actualidad, el OVI, con la participación activa del Gobierno Regional de Moquegua (GRM) y la Municipalidad Distrital de Ubinas, viene realizando el monitoreo del volcán Ubinas, para ello ha implementado una red de estaciones multidisciplinario (figura 2). Inicialmente se implementó un programa de monitoreo geoquímico continuo en la fuente termal "Ubinas Termal", UBT (figura 3-A) y de las fumarolas del volcán Ubinas (figura 3-B); asimismo, el monitoreo visual, que consiste en la observación diaria de la actividad volcánica. Posteriormente, desde el año 2009, se ha implementado una red de hitos geodésicos para la medición electromagnética de distancias, EDM (figura 3-C) que permiten conocer los cambios (deformación) de la superficie del volcán principalmente debido al ascenso de magma. Adicionalmente, se han venido desarrollando campañas periódicas de adquisición de datos para conocer las características de la actividad sísmica en este volcán. Finalmente, se implementó una red de estaciones para el monitoreo sísmico (figura 3-D) y visual (figura 3-E) que transmiten los datos en tiempo real.



**Figura 2.** Red de estaciones multidisciplinarias que el OVI ha implementado para el monitoreo del volcán Ubina.



**Figura 3.** Monitoreo multidisciplinario del volcán Ubina: (A) Geoquímica de aguas, UBT, (B) Geoquímica de gases, DOAS. (C) Deformación con EDM. (D) equipos de monitoreo sísmico y (E) monitoreo visual con ayuda de una cámara de video.

## RESULTADOS

En el monitoreo de la actividad del volcán Ubina se ha venido trabajando con la correlación espacial y temporal de los distintos métodos que desarrolla el OVI, es así que los resultados del monitoreo sísmico, geodésico, geoquímico y visual del volcán Ubina se integran para modelar el proceso eruptivo. En el presente trabajo se muestran los resultados obtenidos durante el periodo de septiembre 2013 a mayo de 2014. El gráfico de la figura 4 resume el proceso eruptivo registrado por las diferentes técnicas y la correlación de cada episodio, se prepararon los gráficos de tal forma que se explica la evolución de la actividad vista desde cada método, es así que se han identificado cuatro etapas:

**ETAPA I:** Se inicia el 02 setiembre del 2013, fecha en la que el volcán presenta las primeras evidencias de la reactivación. En aquel entonces, se registran explosiones leves y emisiones de fumarolas que alcanzaron hasta 2000 metros de altura. Los métodos de monitoreo visual y sísmico permiten evidenciar estos acontecimientos (figura 4A, 4F y 4G), esta etapa es corta y dura 6 días (ver líneas verticales verdes en la figura 4), ninguno de los otros métodos evidenció esta etapa, la deformación no fue medida porque no hubieron suficientes lecturas en ese corto periodo. Dadas las características de la sismicidad superficial y la energía moderada de las explosiones se considera a este periodo como una etapa de actividad freática.

ETAPA II: Esta comprende entre el 1 de octubre 2013 y 29 de febrero 2014, y se caracteriza por presentar anomalías en los parámetros de deformación y temperatura (figura 4B y 4C). La deformación presenta una tendencia a la inflación llegando a un máximo de 30 mm. Con respecto a la temperatura de la fuente termal UBT hay un incremento de 0.1°C del 02 de octubre al 13 de noviembre, de ahí en adelante el sistema alcanza un equilibrio y mantiene una tendencia horizontal, posteriormente, justo un día antes de las primera emisiones el sistema se vuelve a perturbar. Finalmente, la sismicidad muestra la ocurrencia de sismos de tipo VT que representan un proceso de ruptura. Estos tres parámetros se evalúan como precursores del inicio de la etapa eruptiva del volcán, entonces, se propone que hay una acumulación de esfuerzos por ingreso de nuevo material magmático, el cual en esa etapa se encontraría confinado.

#### ETAPA III:

La tercera etapa corresponde a un episodio de flujo de nuevo magma, esto se evidencia por la presencia de sismos tipo híbrido y tremores armónicos que corresponden a un episodio de ascenso de magma (figura 4F). En la figura 4F se presenta la ocurrencia acumulada de cada uno de los sismos clasificados, el primer tipo de evento en aparecer son los sismos volcano-tectónicos (VT) asociados al fracturamiento de rocas por la presión de los gases. Días después aparecen los sismos de tipo híbridos los cuales corresponden a un proceso de ruptura e inmediato paso de fluidos, esto se correlaciona con la tendencia de las curvas de deformación (EDM), las que muestran un relajamiento del sistema (figura 4B), es decir una ligera deflación por efecto de la migración de los fluidos magmáticos que liberan la presión interna. A su vez la temperatura de la fuente UBT oscila entre 0.1 °C, la emisión de ceniza se mantienen en niveles moderados pero constantes, mientras que los niveles de emisión de SO<sub>2</sub> se incrementan progresivamente de 800 t/día hasta alcanzar flujos de 4000 t/día. Este ascenso en el flujo de SO<sub>2</sub> (medidos con un mini DOAS portátil) se interpreta como un incremento en el volumen de magma desgasificado a escasa profundidad. Este comportamiento en los parámetros monitoreados mantiene la tendencia hasta 9 de marzo.

#### ETAPA IV:

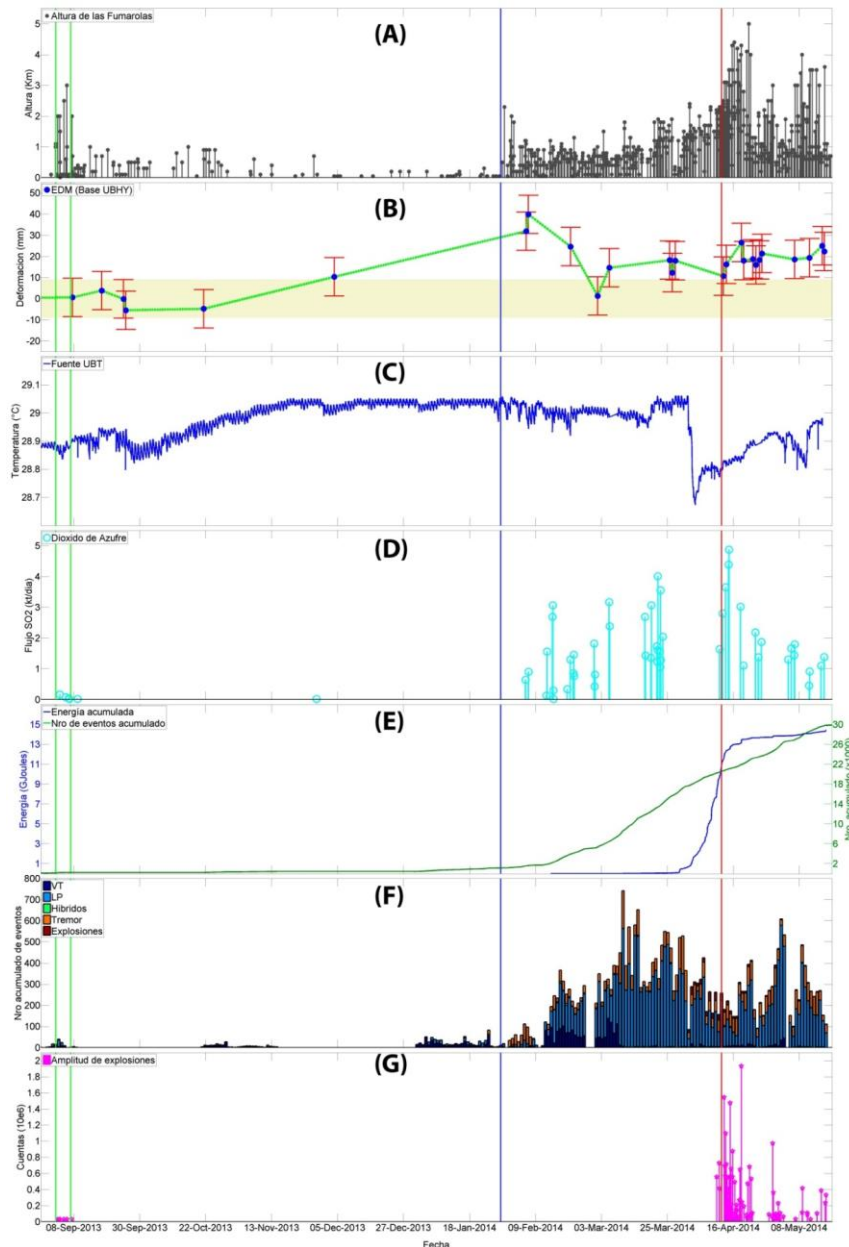
El cuarto episodio se inicia el 09 de marzo 2014, los cambios se presentan en tres parámetros: la sismicidad sufre un repentino cambio (figura 4E), ya no se registran sismos de tipo VT, probablemente debido a que el conducto ya está abierto, sin embargo continúan los sismos de tipo híbrido, lo que indicaría que ocurre una nueva migración de magma. La deformación encuentra un equilibrio y la tendencia se hace horizontal (no hay presión interna). Mientras que el monitoreo visual reporta el incremento paulatino en la altura de las fumarolas, con contenido de ceniza. Esta condición se mantiene hasta el 31 de marzo en donde hay un incremento exponencial en la energía sísmica debido a la ocurrencia de sismos tipo tremor y LP (sismos de largo periodo) energéticos. Este último comportamiento se mantiene entre el 31 de marzo y 13 de abril. Finalmente, el proceso se desencadena en una etapa explosiva, que se caracteriza por la liberación de energía en forma de explosiones con eyección de proyectiles balísticos (bloques y bombas volcánicas), exhalaciones energéticas, emisiones de gases y ceniza constante (figura 4A). Se registran cambios en todos los parámetros: la energía sísmica llega a su máximo nivel, las explosiones son las más fuertes de todo el proceso, e incluso más energéticas que las ocurridas en la pasada erupción del 2006-2009, las columnas eruptivas alcanzan hasta 5000 m de altura sobre la cima del volcán; el flujo de SO<sub>2</sub> también alcanza sus valores más altos (4873 t/día), las explosiones continúan hasta el 3 de mayo (21 días), fecha en la que desaparecen repentinamente y esto se correlaciona con el decremento sostenido en los parámetros de geoquímica, fumarolas y energía sísmica, así mismo, la deformación mantiene una tendencia horizontal. Este comportamiento sin embargo está acompañado por una continua emisión de cenizas y posteriormente la reaparición de explosiones leves con importante emisión de ceniza.

### CONCLUSIONES

El monitoreo multidisciplinario ha permitido caracterizar el comportamiento del proceso eruptivo del volcán Ubinas. Los parámetros usados en el monitoreo se correlacionan espacial y temporalmente y ayudan a entender los fenómenos físicos que se producen en el volcán. Es así que este proceso eruptivo se inició con una primera etapa freática, seguida de una acumulación de esfuerzos por el incremento de material magmático, luego le sigue la desgasificación en un sistema cerrado

acompañado del ascenso magma, esto desencadena en una etapa explosiva con eyección de proyectiles balísticos con diámetros hasta de 2 m lanzados hasta una distancia de 500 m. Posteriormente la actividad decae, sin embargo, mantiene emisiones de ceniza y gases constantes con la ocurrencia de explosiones leves periódicas.

Entonces, los estudios multidisciplinarios son de mucha importancia en la gestión de monitoreo de volcanes activos, ya que el seguimiento en tiempo real de los parámetros estudiados ayudaron a alertar a las autoridades correspondientes, mediante los reportes diarios y comunicados del comité científico.



**Figura 4.** Correlación de los resultados obtenidos en el monitoreo multidisciplinario del volcán Ubinas para el periodo setiembre 2013 – mayo 2014.

## REFERENCIAS

1. Banks, N.G.; Tilling, R.I.; Harlow, D.H. & Ewert, J.W. (1989) - Volcano Monitoring and short-term forecast. En: Short course in geology, voll: Volcanic Hazards, R.I. Tilling (ed.), 51-80. Washington D.C: American Geophysical Union.
2. Rivera, M., J. C. Thouret, And A. Gourgaud (1998), Ubinas, el volcán más activo del sur del Perú desde 1550: geología y evaluación de las amenazas volcánicas, Bol. Soc. Geol. Perú, 88, 53–71.
3. Rivera, M. (2010) - Genèse et évolution des magmas andésitiques à rhyodacitiques récents des volcans Misti et Ubinas (Sud du Pérou). Diplôme d'Études Approfondies. 414 p.