



**INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL**

EVALUACIÓN DE SEGURIDAD FÍSICA DE ÁREAS ALEDAÑAS AL VOLCÁN UBINAS



POR:

**JERSY MARIÑO SALAZAR
MARCO RIVERA PORRAS
LOURDES CACYA DUEÑAS
VICENTINA CRUZ PAUCCARA**

Septiembre, 2006

EVALUACIÓN DE SEGURIDAD FÍSICA DE ÁREAS DE INFLUENCIA DEL VOLCÁN UBINAS

ÍNDICE

RESUMEN

1. INTRODUCCIÓN
2. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS GENERALES
3. GEOLOGÍA DEL VOLCÁN UBINAS
 - 3.1. Ubinas I (~800,000 – 370,000 años)
 - 3.2. Ubinas II (370,000 a tiempos históricos)
4. EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD HISTÓRICA
5. CARACTERÍSTICAS DE LA ERUPCIÓN DEL AÑO 2006
 - 5.1. Efectos en el medio ambiente producidos por la erupción del volcán Ubinas del año 2006
6. PRINCIPALES PELIGROS VOLCÁNICOS DEL UBINAS
 - 6.1 Peligros por caídas o lluvias de cenizas y escoria
 - 6.2. Peligros por flujos piroclásticos (mezcla de cenizas, fragmentos de rocas y gases a alta temperatura)
 - 6.3. Peligros por flujos de barro (huaycos) y desbordes
 - 6.4. Peligros por el colapso de flanco sur y generación de avalanchas de escombros
 - 6.5. Peligros por flujos de lava
7. MAPA DE PELIGROS VOLCÁNICOS
8. EVALUACIÓN DE SEGURIDAD FÍSICA DE ÁREAS ALEDAÑAS AL VOLCÁN UBINAS
9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES
 - 9.1. Conclusiones
 - 9.2. Recomendaciones

Referencias citadas

Anexo

RESUMEN

El volcán Ubinas se encuentra localizado en el departamento de Moquegua, a 90 km al Norte de la ciudad de Moquegua y a 65 km al Este de la ciudad de Arequipa (16° 22' S, 70° 54' O; 5,672 msnm.). El Ubinas es el volcán más activo del sur peruano, debido a que en los últimos 500 años ha presentado hasta 24 erupciones de baja a moderada magnitud. Estas en promedio ocurren cada 10 a 30 años.

El volcán Ubinas está conformado por dos edificios, denominados "Ubinas I" y "Ubinas II". El edificio "Ubinas I" está constituido por flujos de lavas, conforma la base del volcán y se construyó entre 800,000 y 370,000 años. El edificio "Ubinas II" forma parte del cono superior del volcán, y se construyó desde 370,000 años hasta la actualidad. En dicho lapso se emplazaron flujos de lavas datadas entre 370,000 y 142,000 años; depósitos de caídas de pómez hace 14,000, 7,480 y 980 años. El flanco Sur del volcán se ha derrumbado hasta en dos oportunidades, la última ocurrió hace 3,670 años y produjo el emplazamiento de avalanchas de escombros en el valle de Ubinas.

El día 27 de marzo del 2006, se reportaron las primeras caídas de cenizas emitidas por el volcán Ubinas. En abril las emisiones de cenizas se incrementaron, se produjeron explosiones volcánicas de moderada magnitud, que arrojaron fragmentos de lava incandescente (bombas volcánicas). Posteriormente, el día 19 de abril se observó un cuerpo de lava de 60 m de diámetro en el fondo del cráter. La actividad volcánica continuó de manera intermitente hasta septiembre. Los productos emitidos en el actual proceso eruptivo, son gases, cenizas y fragmentos de lava (bombas volcánicas), éstos últimos han alcanzado distancias menores a 2 km. Las cenizas son las que mayores efectos causaron en el medio ambiente, fueron dispersadas a más de 60 km de distancia, pero las lluvias de cenizas en mayor volumen se produjeron principalmente alrededor del volcán y dentro de un radio de 12 km del mismo. A la fecha, las cenizas acumuladas en el área de Querapi tienen 1.5 cm de espesor, en Sacoaya de 0.8 a 0.1 cm, en Ubinas de 0.5 a 0.8 cm, en Anascapa de 0.3 a 0.4 cm, en Huatahua 0.15 mm y menos de 0.1 cm en Chacchagén. Las cenizas han perjudicado la agricultura, contaminado pastos naturales y provocado malestares de salud en las personas. Este fenómeno no es nuevo, los centros poblados y áreas de cultivo desarrollados en el valle de Ubinas se encuentran asentados sobre depósitos generados por la actividad del volcán Ubinas. La actividad eruptiva del volcán en épocas históricas y recientes, afectó constantemente a los pobladores que viven en el valle de Ubinas, sus terrenos de cultivo, actividad pecuaria, vías de accesos, canales y fuentes de agua.

En caso ocurran erupciones de magnitud moderada a alta (IEV 3 a 4) o se incremente la magnitud de la erupción actual, los principales peligros volcánicos potenciales serían: peligros por caídas o lluvias de cenizas y escorias, peligros por flujos piroclásticos, peligros por avalanchas de escombros, peligros por flujos de lodo, peligros por flujos de lavas y peligros por gases volcánicos.

El mapa de peligros volcánicos que se presenta, elaborado para un escenario eruptivo moderado (IEV 1 a 4), muestra tres zonas en función de su grado de peligrosidad: zona de alto peligro, de moderado peligro y de bajo peligro. Las zonas de alto y moderado peligro pueden ser afectadas severamente por caídas de cenizas y escoria, por flujos piroclásticos, avalanchas de escombros, flujos de lodo y

flujos de lava. Estos productos volcánicos destruyen todo tipo de vida e infraestructura a su paso. La zona de bajo peligro puede ser afectada por caídas de cenizas o escorias, estos productos pueden destruir áreas de cultivos, provocar malestares de salud en la población y eventualmente interrumpir las vías de comunicación.

Por todo lo mencionado anteriormente, consideramos que se debe impulsar el reordenamiento del territorio del valle de Ubinas, como única medida de prevención a mediano y largo plazo. Para ello recomendamos reubicar de manera definitiva a los centros poblados asentados dentro de las zonas de alto y moderado peligro, que corresponden a los poblados de Querapi, Ubinas, Huatahua, Tonohaya, San Miguel y Sacoaya. Asimismo, recomendamos se evite la construcción y desarrollo de obras de infraestructura importantes (canales de agua, reservorios, carreteras, etc.) dentro de las zonas de alto y moderado peligro, y se gestione ante las instancias pertinentes declarar área intangible o reserva natural protegida al volcán Ubinas y la zona circundante, principalmente las zonas de alto y moderado peligro.

Es necesario tomar en consideración las recomendaciones formuladas, en caso contrario la gestión de nuevas crisis volcánicas tendrán un mayor costo, la posibilidad de que ocurra un desastre será mucho mayor y los costos por pérdida de infraestructura serán bastante grandes.

EVALUACIÓN DE SEGURIDAD FÍSICA DE ÁREAS DE INFLUENCIA DEL VOLCÁN UBINAS

1. INTRODUCCIÓN

A raíz de la actividad eruptiva presentada por el volcán Ubinas desde marzo del 2006, el Gobierno Regional de Moquegua solicitó al Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), un informe técnico de los poblados que deben ser reubicados en forma definitiva debido a los peligros potenciales originados por la actividad volcánica del Ubinas (Oficio N^o 085-2006-P/RDC.MOQ). En el presente informe se efectúa una evaluación integral de las características geológicas, geomorfológicas y de los peligros volcánicos potenciales del área en referencia. Asimismo se formulan recomendaciones para el reordenamiento del territorio del valle de Ubinas, con la finalidad de prevenir y mitigar efectos de una erupción mayor que pueda presentar el volcán Ubinas en el futuro.

2. UBICACIÓN Y CARACTERÍSTICAS GENERALES

El volcán Ubinas se encuentra localizado a 90 km al Norte de la ciudad de Moquegua y a 65 km al Este de la ciudad de Arequipa (16° 22' S, 70° 54' O; 5,672 msnm.). Políticamente, pertenece al Departamento de Moquegua, Provincia General Sánchez Cerro, Distrito de Ubinas. Al Sur y Sureste del volcán se localizan los principales poblados donde habitan más de 3,000 personas, entre ellos Querapi, Ubinas, Tonohaya, Sacuaya, San Miguel, Huatahua, Anascapa, Huarina y Escacha. Asimismo, dentro del área de influencia del volcán existen terrenos de cultivos, carreteras carrozables y diversas obras de infraestructura (reservorios de aguas, canales, etc.). La población se dedica principalmente a actividades agrícola y ganadera.

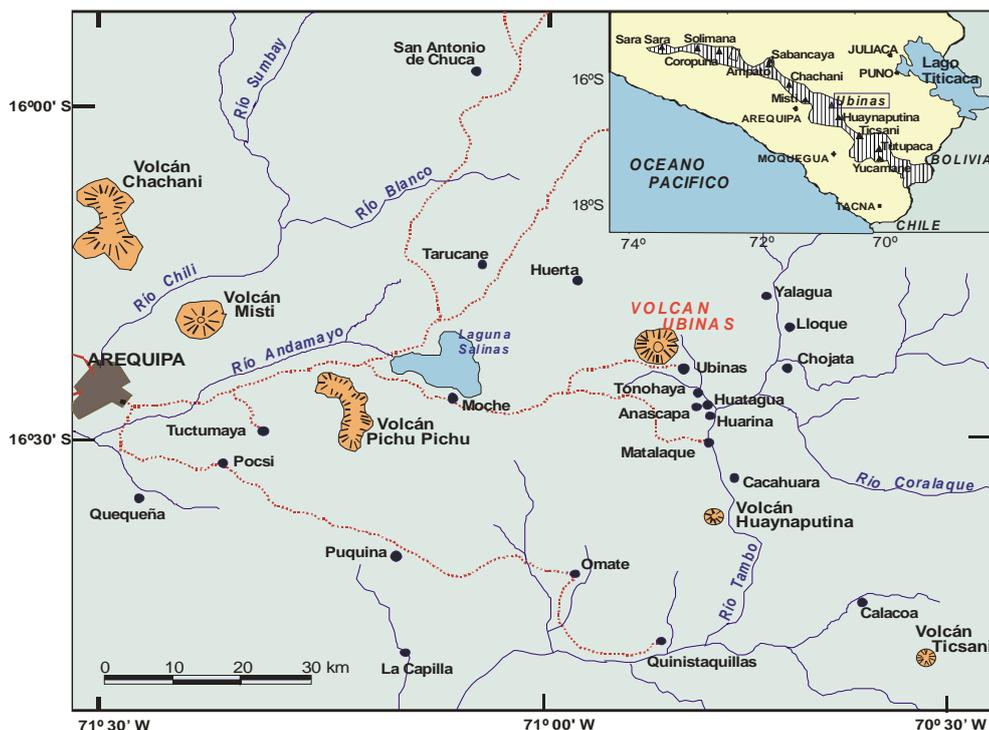


Fig. 1. Mapa de ubicación del volcán Ubinas y alrededores. En la parte superior derecha, se muestra la localización de los volcanes activos y potencialmente activos del sur peruano.

En el contexto regional, el volcán Ubinas está localizado dentro de la Zona Volcánica Central de los Andes que se prolonga del Norte de Chile al Sur del Perú. La actividad del volcán Ubinas es el resultado del proceso de subducción de la placa oceánica de Nazca debajo de la placa continental Sudamericana.

El volcán Ubinas tiene forma cónica, posee una altura de 1,400 m, y cubre un área de 52 km². En la parte superior se distingue la caldera de 900 m de diámetro y dentro de la caldera un cráter de 300 m de diámetro. En los meses de diciembre a abril la parte superior del volcán se halla cubierta por una capa delgada de nieve.

3. GEOLOGÍA DEL VOLCÁN UBINAS

Los estudios estratigráficos, cartografiado geológico y dataciones radiométricas Ar/Ar, C¹⁴, efectuados por Rivera (1998), Rivera et al. (1998) y Thouret et al. (2005), muestran que el volcán Ubinas se construyó en dos períodos: el primer período entre ~800,000 y 370,000 años, donde se formó el cono inferior denominado "UBINAS I", y el segundo período ocurrido desde 370,000 años hasta la actualidad, donde se formó el cono superior llamado "UBINAS II" (Fig. 2).

3.1. Ubinas I (~800,000 – 370,000 años)

Durante este período se emplazaron coladas de lava andesítica que conforman la base del volcán. Posteriormente, se produjo el colapso de gran parte del flanco sur del edificio volcánico "Ubinas I" generando depósitos de avalanchas de escombros de ~2.8 km³ de volumen, que fueron canalizados en los valles de Ubinas y Para. Seguidamente se produjo el emplazamiento de depósitos de flujos de pómez y cenizas, que llegaron a más de 5 km al Sur del volcán. Estos depósitos piroclásticos tienen alrededor de 120 m de espesor.

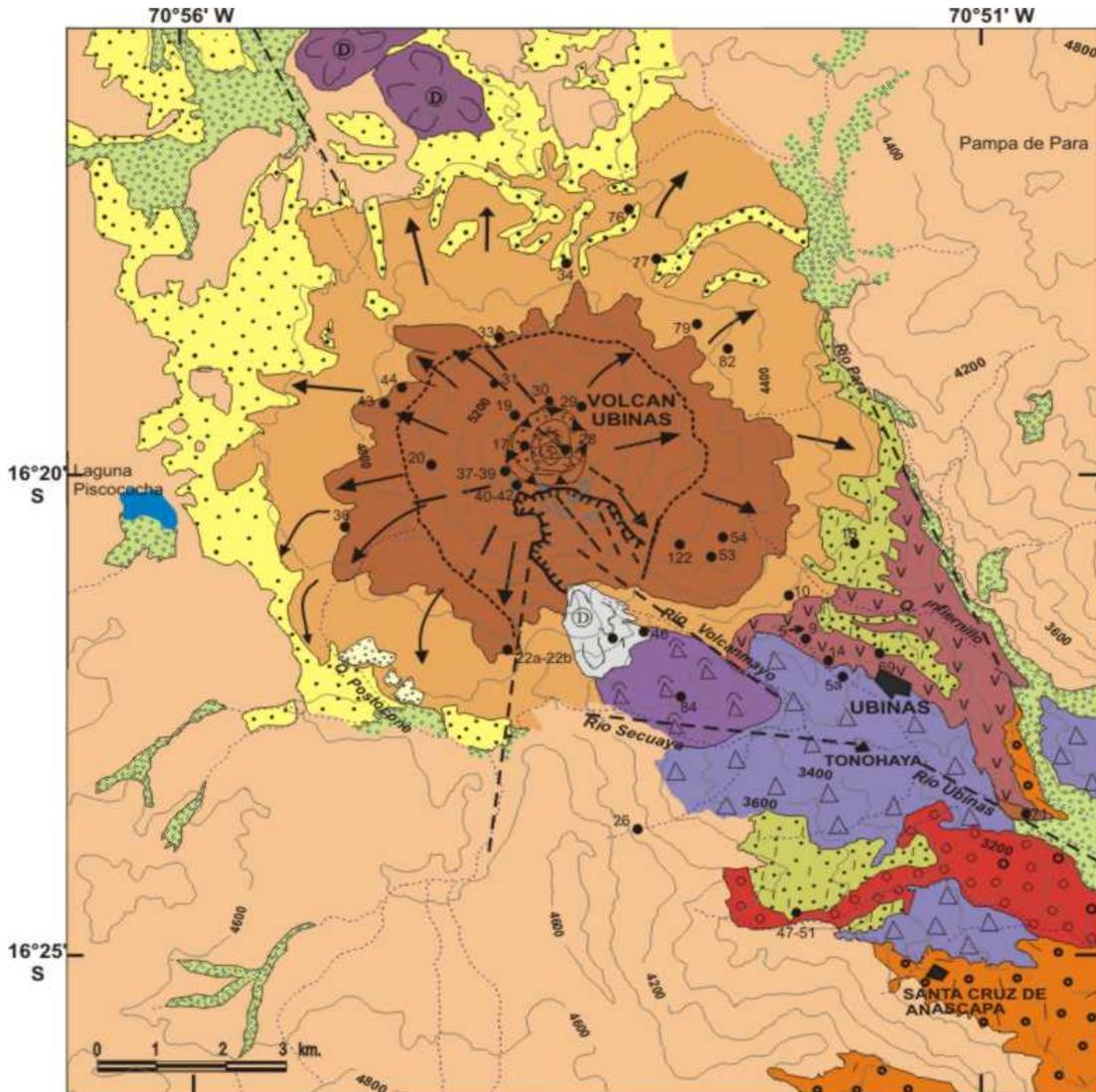
3.2. Ubinas II (370,000 a tiempos históricos)

Este período está dividido en dos fases:

a) En una primera fase denominada "**Cono de la Cumbre**" se emplazaron coladas de lava que conforman el cono superior del volcán, cuyas pendientes tienen $\geq 40^\circ$. Estas lavas se encuentran sobre los 4,900 msnm y han sido datadas entre 370,000 y 142,000 años (Thouret et al., 2005). Posteriormente, se produjo el crecimiento de un domo de lava en el flanco Sur del Ubinas, datado en 251,000 años (Thouret et al., 2005). Este domo se destruyó produciendo flujos de bloques y cenizas que fueron depositados en el fondo del valle del río Ubinas, a 8 km al Sureste del volcán.

b) En la segunda fase denominada "**Caldera de la Cumbre**" (14,000 años hasta la actualidad) se emplazaron varios tipos de depósitos ligados principalmente a erupciones explosivas, visibles a 9 km al Sur del volcán Ubinas (Fig. 3). En esta zona, a la base se distingue una capa de lapilli pómez de 3.8 m de espesor, emplazado poco antes de 14,000 años (Thouret et al., 2005). Encima de estos depósitos se encuentra una capa de pómez de 1.2 m de espesor datada en $7,480 \pm 40$ años y que probablemente está ligado a la formación de la caldera actual del volcán Ubinas. La última erupción de gran magnitud del volcán Ubinas ocurrió hace 980 ± 60 años y emplazó depósitos de pómez que posee 4.5 m de espesor a 6 km

al Sureste del cráter y posee un volumen mínimo de 2.8 Km³. Este depósito fue dispersado principalmente hacia el Sureste, hasta una distancia mayor de 40 km. Asimismo tenemos depósitos de avalanchas de escombros que yacen al pie del flanco Sur, justamente sobre los cuales se asienta el poblado de Querapi. Estos depósitos se emplazaron hace 3,670 ± 60 años como producto de un segundo derrumbe del flanco Sur del volcán y llegaron hasta 6 km al Sur.



SERIES	UNIDADES LITO- ESTRATIGRAFICAS		ESTRUCTURA VOLCANICA	ESTRUCTURAS TECTONICAS	FORMAS DE RELIEVE
HOLOCENO	ESTRATOVOLCAN UBINAS	UBINAS II	DEPOSITO PIROCLASTICO REMOVIDO	CALDERA DE EXPLOSION	ZONES CON ALTERACION HIDROTHERMAL
		UBINAS I	DEPOSITOS DE CAIDA DE LAPILLI POMEZ DEL HOLOCENO Y EPOCA HISTORICA	CRATER	FALLA PROBABLE Y/O FRACTURA
PLEISTOCENO	ESTRATOVOLCAN UBINAS	UBINAS I	DEPOSITO ALUVIAL	CONO DE CENIZAS DENTRO DE LA CALDERA DE LA CUMBRE	ESCARPA
		UBINAS I	MORRENAS GLACIARES	DOMO LAVA DEL CENOZOICO	LIMITE PROBABLE DE UNA CALDERA ANTIGUA
MIOCENO		GRUPO BARROSO: LAVAS E IGNIMBRITAS	DOMO DE LAVA ASOCIADO A LA ACTIVIDAD DEL UBINAS		
EOCENO-OLIGOCENO		GRUPO TACAZA: VOLCANICO LLALLAHUI			

Fig. 2. Mapa geológico del volcán Ubina y alrededores (tomado de Rivera, 2000).



Fig. 3. Secuencia de depósitos de caídas de ceniza y pómez de más de 9 m de espesor, asociados a erupciones de gran magnitud ocurridos entre 14,000 y 980 años. Afloramiento situado entre los pueblos de Anascapa y Sacoaya.

4. EVALUACIÓN DE LA ACTIVIDAD HISTÓRICA

Relatos históricos y datos geológicos muestran que el volcán Ubinas presentó al menos 23 crisis volcánicas desde 1550 hasta 1995-96 (Rivera, 1998), referidas a alta actividad fumarólica y emisiones de cenizas, con una recurrencia de 1 a 6 episodios por siglo. Los eventos registrados sucedieron en los años: 1550, 1599, 1662, 1667, 1678, 1784, 1826, 1830, 1862, 1865, 1867, 1869, 1906, 1907, 1912-1913?, 1923-1925?, 1936, 1937, 1951, 1956, 1969, 1995-1996, 2006). Estos eventos causaron daños en centros poblados y terrenos de cultivos localizados en áreas aledañas al volcán (Fig. 4). Los daños ocasionados fueron principalmente por lluvias de cenizas y emisiones de gases.

Datos históricos refieren que algunas de las erupciones presentadas por el Ubinas fueron moderadas a altas. Dichas erupciones son comparables a la erupción de tipo Vulcaniana o tipo Saint Vincent del año 1662, que alcanzó un Índice de Explosividad Volcánica (IEV) 3, o la del año 1677 que tuvo IEV 2. Según Simkin & Siebert (1994) estas erupciones depositaron un flujo piroclástico de cenizas y escoria de color gris de 1 m de espesor, a 1 km al Oeste del cráter. En áreas distales, este depósito de flujo está sobre las cenizas y pómez del volcán Huaynaputina, que erupcionó el año 1600 D.C.

Durante el siglo XX, el Ubinas ha presentado al menos ocho eventos eruptivos, caracterizados por intensas emisiones de gases y cenizas, ligados a eventos de tipo freático y freatomagmático. Las caídas de cenizas causaron daños considerables en terrenos de cultivo y poblados situados alrededor del volcán, causando la muerte de algunas personas y de ganado a consecuencia de

epidemias desconocidas. Frecuentemente las cenizas se mezclaron con el agua y se transformaron en flujos de barro, que discurrieron por el fondo del valle de Ubinas, destruyendo diversos cultivos (Diario El Pueblo, 1936, 1937, 1951, 1969). En el Anexo N° 1 se presenta un resumen de la actividad del volcán Ubinas en épocas históricas.

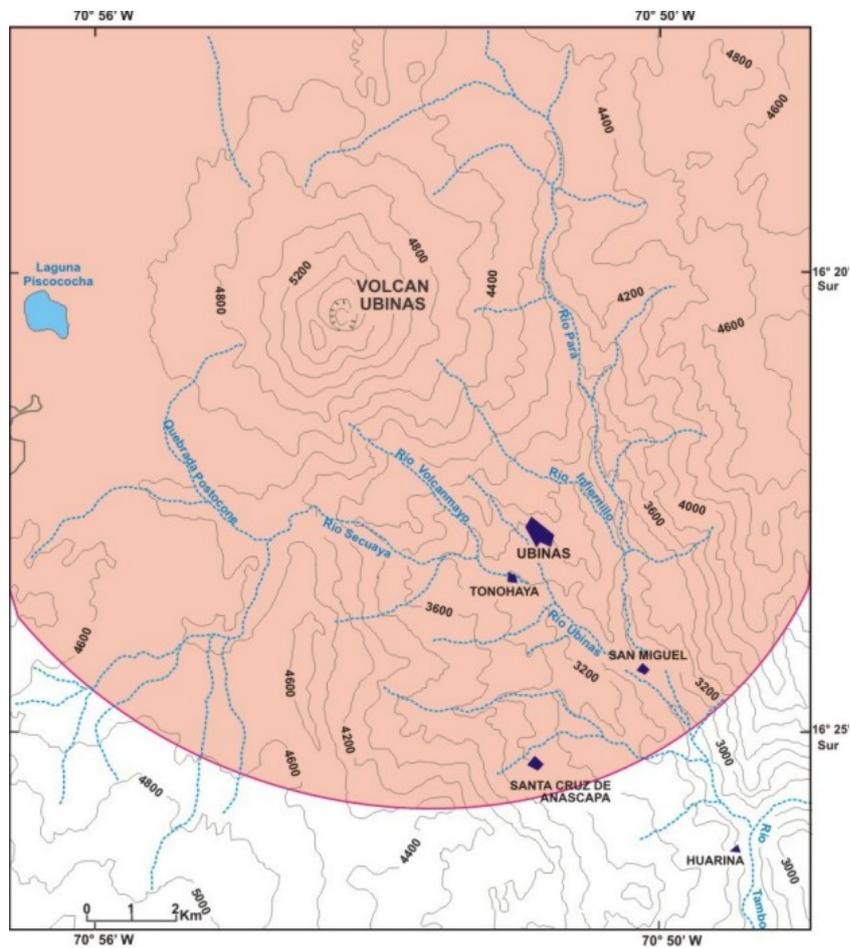


Fig. 4. En color rosado se muestra el área cubierta por caídas de cenizas asociadas a erupciones ocurridas entre los años 1550 y 1969 (tomado de Rivera, 2000).

5. CARACTERÍSTICAS DE LA ERUPCIÓN DEL AÑO 2006

En el mes de agosto del 2005, el volcán Ubinas presentó un ligero incremento de su actividad fumarólica, luego de que esta actividad disminuyera drásticamente luego del terremoto del 23 de junio del 2001.

En el mes de noviembre del 2005, los gases emitidos por el volcán se elevaban entre 100 a 300 m por encima del borde de la caldera. Estas fumarolas eran de colores blanquecinos y podían verse a más de 50 km de distancia. El 27 de marzo del 2006, el Ubinas empezó a emitir cenizas finas, que se conservaron durante varios días en los techos de las viviendas del poblado de Querapi, situado a 4 km al Sur del volcán. Desde fines del mes de marzo hasta el 12 de abril la actividad fumarólica fue moderada, casi constante y con esporádicas emisiones de cenizas, que alcanzaron entre 400 y 500 m por encima de la caldera (Figs. 5 y 6). Entre los días 13 y 16 de abril, las emisiones se incrementaron y se formaron columnas de gases y cenizas que alcanzaron hasta 1,000 m de altura y fueron dispersadas a más de 7 km de distancia del cráter.



Fig. 5. Vista del cráter del volcán Ubinas, registrado el día 31 de Marzo del 2006.



Fig. 6. Emisiones de gases y cenizas el día 05 de Abril del 2006.

Las cenizas emitidas durante las primeras semanas, hasta el 16 de abril, contenían alto porcentaje de componentes hidrotermalizados y fragmentos líticos provenientes del conducto volcánico, lo cual evidencia un régimen eruptivo esencialmente de tipo freático, ocurrido hasta ese momento.

Durante el mes de abril la actividad del Ubinas fue variable, distinguiéndose emisiones de gases y esporádicamente cenizas, además de explosiones de baja magnitud. Las cenizas repetidamente cayeron sobre el poblado de Querapi, lo que obligó al Sistema Regional de Defensa Civil de Moquegua (SIDERECI-Moquegua) evacuar a los pobladores de Querapi el día 20 de abril, a la zona de Anascapa, distante a 8 km al Sur del volcán (Fig. 7).

El día 19 de abril, se observó por primera vez un cuerpo de lava incandescente en el fondo del cráter del volcán (Fig. 8). El cuerpo de lava tenía aproximadamente 60 m de diámetro y evidenció la llegada de magma hacia la superficie y la ocurrencia de una actividad también magmática desde aquel entonces. Los días 20 y 22 de abril, se incrementó considerablemente las emisiones de cenizas, generando columnas eruptivas que alcanzaron entre 2,800 y 3,000 m de altura.



Fig. 7. Refugio situado en Anascapa, donde habitan los pobladores provenientes de Querapi.



Fig. 8. Cuerpo de lava de 60 m de diámetro, observado el día 19 de Abril del 2006 en el fondo del cráter del volcán.

Posteriormente, el día 7 de mayo, luego de una explosión moderada, las cenizas alcanzaron hasta 3,000 m de altura. En los días posteriores la actividad eruptiva disminuyó sensiblemente. A partir del día 20 de mayo, nuevamente se produjo un incremento paulatino de la actividad eruptiva. El 24 de mayo se produjo una explosión moderada (Fig. 9) y el día 29 de mayo las emisiones de cenizas alcanzaron uno de sus picos mayores (3,000 m de alto), al igual que el día 02 de junio (4,000 m de altura). A raíz de esta actividad el Comité Científico recomendó al Sistema Regional de Defensa Civil de Moquegua (SIDERECCI – Moquegua) realizar la evacuación de los poblados localizados en el valle de Ubinas. Luego de las recomendaciones hechas, el SIREDECI implementó los días 09, 10 y 11 de junio, la evacuación de los pueblos de Ubinas, Tonohaya, Escacha, Huatahua y Sacoaya a la zona de Chacchagén (Fig. 10).



Fig. 9. Bomba volcánica de 2 m de diámetro, a 200 m del cráter. Fue emitido por una explosión volcánica ocurrida el día 24 de mayo.



Fig. 10. Refugio de Chacchagen, a donde fueron evacuados los pobladores de Ubinas, Tonohaya, San Miguel, Huatahua y Escacha.

El día 18 de junio se registraron dos explosiones. En la segunda explosión hubo emisiones de bloques incandescentes que cayeron aproximadamente 1,000 m al Sureste del cráter. Seguidamente, hubo emisiones de cenizas que se elevaron entre 3,000 y 3,600 m sobre el borde de la caldera. Los días 23, 24 y 30 de junio se produjeron explosiones considerables, durante las cuales se registraron emisiones de rocas incandescentes que alcanzaron más de 1.2 km de distancia.

Durante julio las emisiones de gases y cenizas continuaron, también se registraron varias explosiones, por ejemplo los días 10, 17, 18, 19, 22 y 27. Varias explosiones arrojaron fragmentos incandescentes, fueron seguidas de emisiones de cenizas (Fig. 11) que ascendieron hasta 3,500 m de altura y alcanzaron más de 70 km de distancia en dirección Sur y Oeste.



Fig. 11. Emisiones de cenizas producidas el día 18 de julio luego de una explosión de moderada magnitud.

El día 7 de agosto, ocurrieron hasta 03 explosiones, seguidas de emisiones de cenizas y gases, que se desplazaron más de 65 km en dirección Sureste y Este. Las emisiones de cenizas continuaron el 08 de agosto (Fig. 12). Posteriormente, el día 12 de agosto, tuvo lugar una explosión con emisión de fragmentos incandescentes y seguidamente emisiones de cenizas y gases que alcanzaron hasta 3,000 m de altura sobre la caldera. Este día las cenizas fueron dispersadas en dirección Sureste y Sur, alcanzando más de 100 km de distancia.

La actual crisis eruptiva la podemos dividir en tres etapas: **a)** entre julio del 2005 y 27 de marzo, consistió básicamente en emisiones de gases, que se elevaron entre 100 y 300 m encima de la caldera; **b)** del 27 de marzo al 18 de abril, emisiones de cenizas y gases, originados por actividad predominantemente freática, es decir explosiones por interacción del agua con material caliente al interior del volcán; **c)** a partir del 19 de abril régimen magmático, caracterizado por la emisión de cenizas, emplazamiento de lava en el fondo del cráter y esporádicas explosiones volcánicas. Las explosiones ocurridas en las dos últimas etapas han arrojado bombas volcánicas constituidas por lavas juveniles, algunas vítreas y otras escoriaáceas, que provienen de la fragmentación de lavas recientes. También algunas bombas son fragmentos líticos que han sido arrancados del conducto volcánico.



Fig. 12. Emisiones de cenizas producidas el día 08 de agosto del 2006.

5.1. Efectos en el medio ambiente producidos por la erupción del volcán Ubinas del año 2006

Los productos emitidos por el volcán Ubinas son principalmente gases volcánicos, cenizas y bombas volcánicas. Los gases se diluyen tan pronto entran en contacto con la atmósfera y sus efectos han sido mínimos en el medio ambiente. Esporádicamente causaron dificultades respiratorias y dolores de cabeza, principalmente en los pobladores de Querapi, Ubinas y Tonohaya. Las bombas volcánicas arrojadas por las explosiones, están conformadas por partículas provenientes de la fragmentación de rocas antiguas y de la lava actual (Fig. 9). Estas bombas han alcanzado distancias menores a 2 km, motivo por el cual no han provocado mayor daño a la población e infraestructura.

La mayor afectación del medio ambiente ha sido producida por el emplazamiento de cenizas. Estas contienen un alto porcentaje de componentes hidrotermalizados y cristales fragmentados de plagioclasas, anfíboles, piroxenos y óxidos de Fe-Ti, provenientes del conducto volcánico. También contienen un considerable porcentaje de componentes magmáticos, debido a que se originaron por la fragmentación de la lava que se halla emplazada en el fondo del cráter.

La dirección de los vientos ha jugado un papel importante en la dispersión de las cenizas. Se han producido caídas de cenizas en distintas direcciones alrededor del volcán. Las imágenes del satélite GOES muestran que las cenizas han alcanzado distancias superiores a los 60 km (Fig. 13), pero a dichas distancias estas son muy finas y se mantienen en suspensión. Sin embargo, se han producido importantes lluvias de cenizas dentro de un radio de 12 km (Fig. 14).

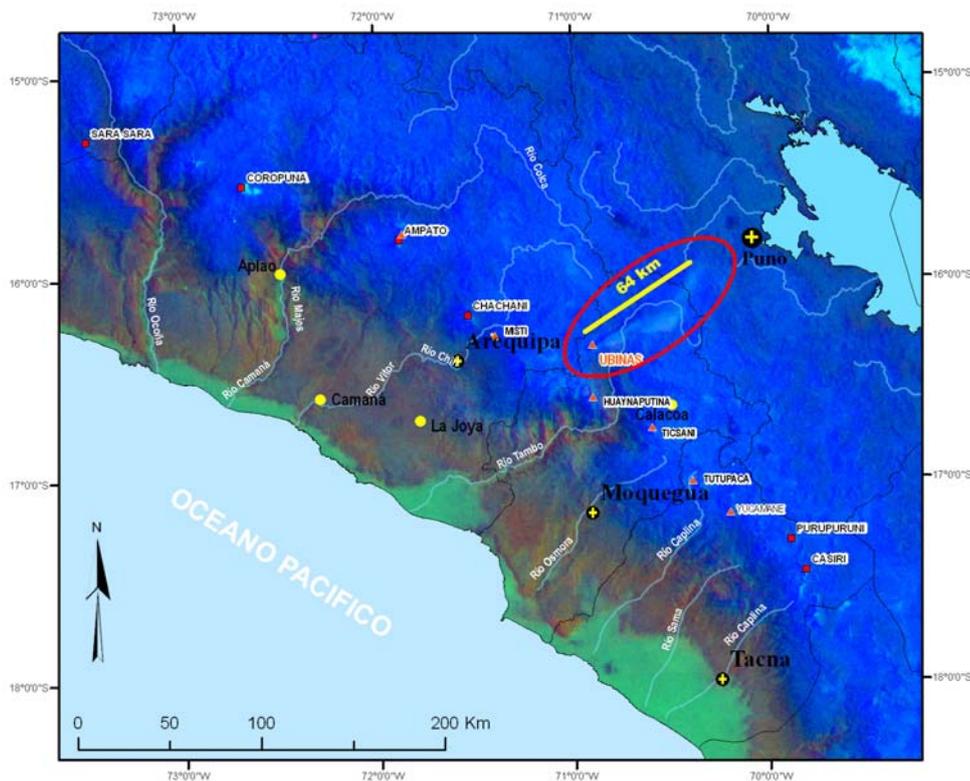


Fig. 13. Dispersión de cenizas en dirección NE, captado por el satélite GOES el día 31 de Agosto del 2006. Las cenizas fueron vistas a más de 60 Km del volcán Ubinas.

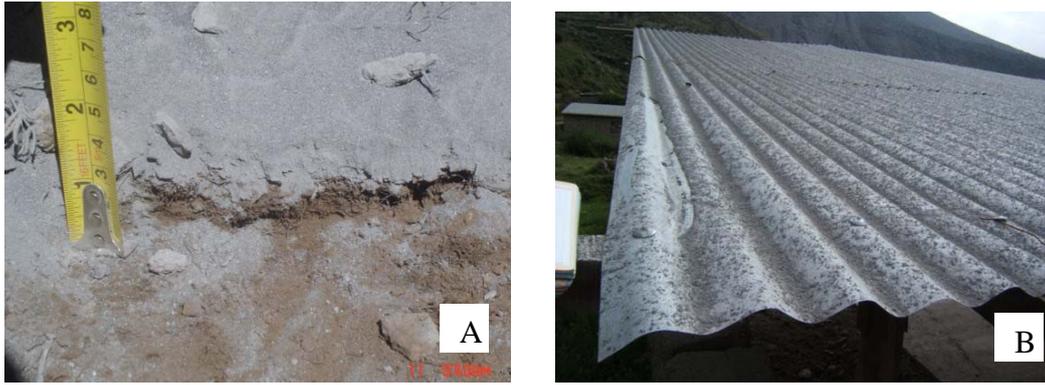


Fig. 14. Depósito de ceniza de más de 1 cm de espesor, a más de 3 km al Sur del volcán (A). Cenizas cubriendo los techos en el poblado de Querapi, el día 13 de Abril del 2006 (B).

A la fecha, las cenizas acumuladas en la caldera tienen más de 12 cm de espesor, 1.5 cm en el área de Querapi, de 0.8 a 0.1 cm en Sacoaya, 0.5 a 0.8 cm en Ubinas, 0.3 a 0.4 cm en Anascapa, 0.15 mm en Huatahua y menos de 0.1 cm en Chacchagén (Fig. 15).

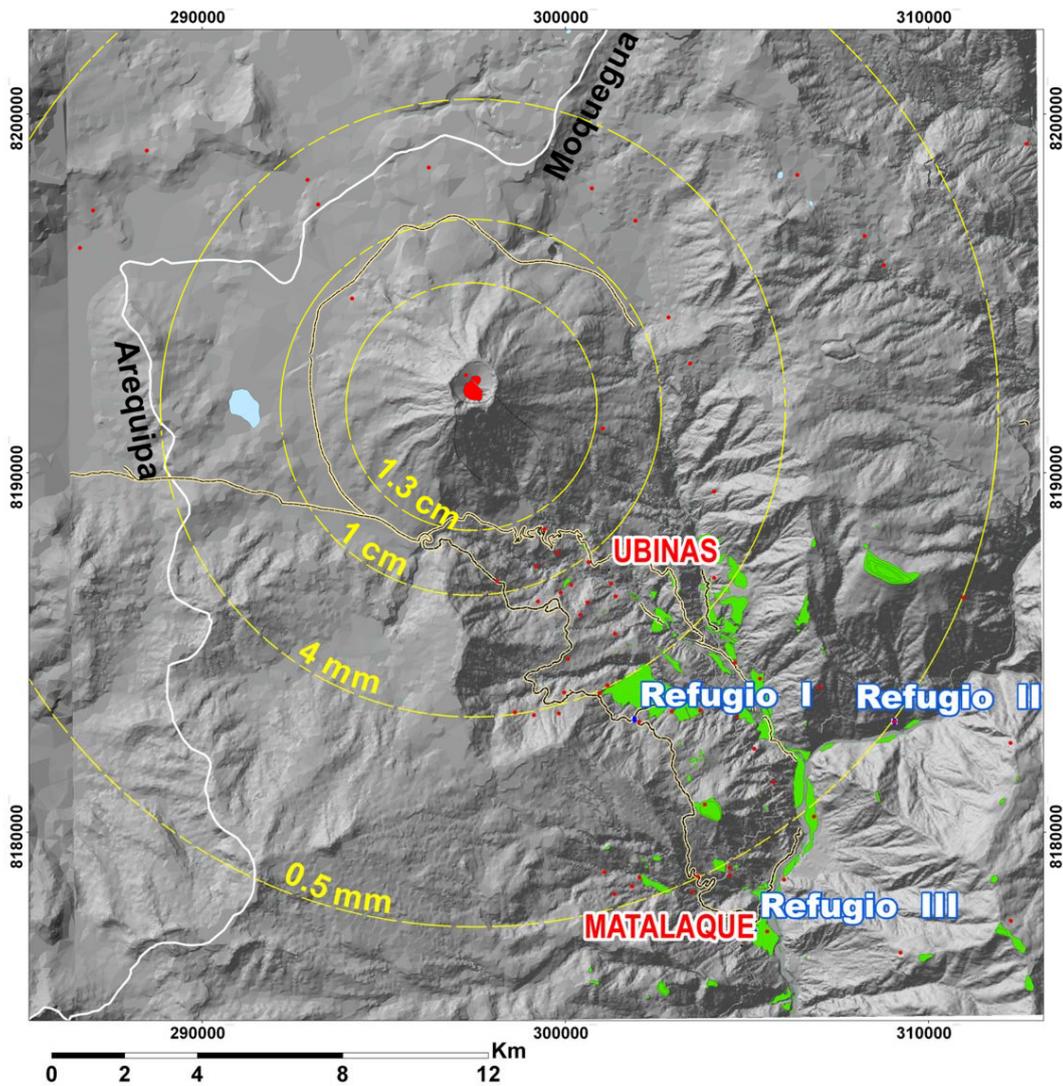


Fig. 15. Distribución del espesor de las cenizas alrededor del volcán.

Las cenizas han cubierto áreas de cultivo en el valle y pastizales naturales en las partes altas (Figs. 16 A, B), afectando seriamente las dos principales actividades económicas de los pobladores de la zona, que son la agricultura y ganadería. Asimismo, han producido en la población males respiratorios, afecciones a la vista y eventualmente problemas en la piel (Figs. 17 A, B).



Fig. 16. Depósito de cenizas volcánicas cubriendo árboles (A) y pastos naturales (B).



Figs. 17A, B. Cenizas volcánicas afectando a los pobladores de la zona.

6. PRINCIPALES PELIGROS VOLCÁNICOS DEL UBINAS

El volcán Ubinas ha mostrado varios tipos de actividad a lo largo de su historia eruptiva, que van desde erupciones de gran magnitud (sub-plinianas y plinianas) a erupciones de baja magnitud. La erupción actual es catalogada como baja a moderada y viene expulsando principalmente gases y cenizas, eventualmente bombas volcánicas.

En base a la composición química de los productos emitidos por el volcán en los últimos 500 años, y las características de sus erupciones en dicho intervalo de tiempo, se argumenta que la actual erupción y/o futuras erupciones tendrán una magnitud baja a moderada. Es decir se esperan erupciones que alcancen un Índice de Explosividad Volcánica (IEV) de 1 a 4. En tal caso la columna eruptiva puede alcanzar entre 6 y 15 km de altura, produciendo además de caídas de cenizas, flujos piroclásticos. Eventualmente pueden originar el colapso del flanco Sur y emplazar flujos de avalanchas de escombros y flujos de lodo. Los flujos antes mencionados pueden canalizarse por el flanco Sur con dirección al valle de Ubinas, donde se localizan los poblados de Querapi, Ubinas, Tonohaya, San Miguel, Huatagua; vías de acceso y terrenos de cultivos, causando graves daños.

A continuación se describe detalladamente los principales peligros que puede presentar el Ubinas en caso de incrementar su actividad:

6.1 Peligros por caídas o lluvias de cenizas y escoria

Caídas de cenizas vienen ocurriendo desde el inicio de la actual crisis volcánica (marzo 2006); sin embargo, de aumentar la magnitud de la erupción, el volumen de las caídas de cenizas puede incrementarse considerablemente. Ello causaría daños en la población, terrenos de cultivo, actividad pecuaria, pastizales, reservorios y canales de aguas. Las cenizas pueden ser dispersadas a más de 100 km de distancia alrededor del volcán, influenciadas por la dirección del viento.

6.2. Peligros por flujos piroclásticos

Los flujos piroclásticos son una mezcla de cenizas, fragmentos de rocas y gases a alta temperatura, que descienden a gran velocidad (entre 200 y 300 km/hora) por los flancos del volcán. Estos productos pueden ser generados durante erupciones explosivas moderadas, y se canalizarían por los cauces de quebradas y ríos. Los flujos solo en algunos minutos descenderían del volcán y causarían destrucción por enterramiento e incineración de todo lo que encuentren a su paso. Cálculos efectuados por Rivera (1988), para el caso de erupciones vulcanianas a sub-plinianas estas pueden recorrer distancias mayores a 6 km con dirección al valle de Ubinas.

6.3. Peligros por flujos de barro (huaycos) y desbordes

Los flujos de barro pueden ser generados durante una erupción volcánica debido a la fusión del hielo y nieve que yace en la cumbre del volcán durante los meses de diciembre a abril. También pueden originarse por la ocurrencia de lluvias intensas desencadenadas durante erupciones volcánicas. Los flujos de barro viajarían por las quebradas y valles que drenan del volcán Ubinas, y tomarían entre 20 a 40 minutos

en descender hacia los valles de los ríos Ubinas y Para, ocasionando daños en ambas márgenes.

6.4. Peligros por el colapso de flanco sur y generación de avalanchas de escombros

Durante una erupción explosiva (vulcaniana o pliniana), el crecimiento de un domo de lava dentro del volcán y/o emisión importante de lavas, puede originar el derrumbe del flanco Sur. Ello debido a que el flanco Sur es delgado, presenta fuerte pendiente y numerosas fracturas. El derrumbe originaría flujos de avalanchas de escombros, que se desplazarían por las quebradas Volcanmayo, Sacuaya, y Chillón con dirección al río Ubinas y Tambo. Las avalanchas alcanzarían una distancia mínima de 10 km, destruyendo poblados y terrenos de cultivos.

6.5. Peligros por flujos de lava

Durante una actividad efusiva se generarían lavas que rellenarían y desbordarían el cráter, la caldera y fluirían hacia el norte del volcán, ya que el borde Norte de la caldera tiene menor altura que el borde Sur. En caso se acumule un volumen importante de lava en el cráter y caldera, la presión generada sobre el flanco Sur, puede causar el derrumbe parcial de dicho flanco. Luego del colapso se generarían avalanchas de escombros y flujos de lavas, que se desplazarían a lo largo del valle de Ubinas.

7. MAPA DE PELIGROS VOLCÁNICOS DEL UBINAS

Debido a la reactivación del volcán Ubinas, manifestada desde el mes de agosto del 2005, e incrementada a partir de fines de marzo último, el INGEMMET procedió a evaluar los tipos de peligros volcánicos y elaborar inicialmente un mapa actualizado de peligros volcánicos. El primer mapa elaborado contempló todos los escenarios posibles. Posteriormente se hizo un nuevo mapa de peligros para un escenario más específico, es decir para una erupción de magnitud baja a moderada, con IEV 1 a 4 que se presenta en la figura 18. Este segundo mapa se construyó en función de la composición química del magma actual, de las áreas afectadas durante las erupciones ocurridas en los últimos 500 años, y la información mostrada en estudios geológicos y volcanológicos disponibles (Rivera 1998; Thouret et al., 2005; Simkim & Siebert, 1994). El mapa en referencia fue hecho conjuntamente por el INGEMMET y el Dr. J. C. Thouret del IRD y UBP Francia.

El mapa de peligros muestra diversas áreas según el grado de peligrosidad, suponiendo que el comportamiento eruptivo sea similar al que ha presentado el Ubinas a lo largo de épocas históricas y eventualmente durante el Holoceno. De modo tal, se diferenciaron tres zonas de peligro (alto, moderado y bajo) cuyos límites fueron trazados considerando el alcance máximo de los productos emitidos, además de un pequeño margen de seguridad.

La zona de alto peligro puede ser severamente afectada por caídas o lluvias de cenizas y escoria de varios decímetros de espesor, por nubes incandescentes o flujos piroclásticos, por flujos de lodo o huaycos, avalanchas de escombros, flujos de lava y eventualmente gases volcánicos de alta concentración. La zona de moderado

peligro puede ser afectada por nubes incandescentes o flujos piroclásticos, flujos de lodo o huaycos, avalanchas de escombros y por moderadas caídas de cenizas y escoria. Finalmente, la zona de bajo peligro puede ser afectada básicamente por caídas de cenizas y escoria.

8. EVALUACIÓN DE SEGURIDAD FÍSICA DE ÁREAS ALEDAÑAS AL VOLCÁN UBINAS

El Ubinas es el volcán más activo del sur peruano, en los últimos 500 años ha presentado hasta 24 erupciones de baja a moderada magnitud, incluido el actual proceso eruptivo, lo cual sugiere que se produce una erupción cada 10 a 30 años en promedio. La actividad eruptiva del volcán Ubinas durante el pasado geológico y principalmente en épocas históricas, afectó constantemente a los pobladores localizados en el valle de Ubinas, sus terrenos de cultivos, actividad pecuaria, vías de acceso, canales y fuentes de agua. Reportes periodísticos y diversas crónicas dan cuenta del malestar de la población frente a estos eventos repetitivos, y su deseo de ser reubicados a zonas más seguras (Diario El Pueblo, 1936, 1937, 1951, 1969).

Los centros poblados y áreas de cultivo desarrollados en el valle del volcán Ubinas, se encuentran asentados sobre depósitos emplazados por el volcán Ubinas (Fig. 2). Como ejemplos podemos citar que los pueblos de Querapi y Tonohaya se hallan sobre depósitos de avalanchas de escombros, producto del colapso del flanco Sur, ocurrido hasta en dos oportunidades. El pueblo de Sacoaya y las partes circundantes al pueblo de Ubinas se hallan sobre potentes secuencias de depósitos de caídas de cenizas y pómez, además de flujos piroclásticos. Los pueblos localizados en el fondo del valle, como son Tonohaya, San Miguel y Huatahua, se encuentran sobre flujos de lodo y/o flujos piroclásticos provenientes del volcán Ubinas.

Las caídas de cenizas, escoria o pómez, pueden destruir áreas de cultivos, provocar malestares de salud en la población e interrumpir las vías de comunicación. Sin embargo, difícilmente pueden destruir infraestructura, a los más provocar enterramiento si la emisión alcanza volúmenes importantes. Sin embargo las nubes incandescentes o flujos piroclásticos, los flujos de lodo o huaycos, las avalanchas de escombros y flujos de lava, destruyen todo a su paso. No existe infraestructura que pueda resistir al paso de dichos productos volcánicos. La destrucción puede darse por calcinación, enterramiento y/o derrumbe. Existen numerosos ejemplos de desastres provocados por dichos fenómenos, solo mencionaremos dos: Lo ocurrido en la localidad de Armero (Colombia, 1985), donde un huayco proveniente del volcán Nevado del Ruiz provocó la casi total destrucción del pueblo de Armero y muerte de más de 20 mil personas. Similar desastre sucedió en la isla de Martinique, donde una nube incandescente procedente del volcán Mt. Pelée, destruyó la ciudad de Saint Pierre en 1902 y cegó la vida de más de 29 mil personas.

Por otro lado, la gestión de la actual crisis volcánica del Ubinas ha evidenciado numerosos problemas, algunos de los cuales hasta el día de hoy no se superan. Uno de los más importantes, es la presencia de vías de acceso (carreteras afirmadas), que pasan por zonas de alto peligro, lo cual impide una rápida y segura

evacuación. También la carencia de una cultura de prevención hace más difícil un adecuado manejo de la crisis.

Finalmente, una de las más efectivas medidas de prevención, es evitar el crecimiento urbano cerca de volcanes activos. Esta medida, reduce los costos de gestión de una crisis volcánica futura, disminuye la posibilidad de que ocurra un desastre y a largo plazo genera un ahorro importante al estado.

Si bien la población asentada cerca al volcán Ubinas es pequeña actualmente (alrededor de 3 mil habitantes), hasta la fecha el estado peruano ha gastado cerca de ocho millones de soles (S/. 8'000,000.00) en el manejo de la crisis volcánica actual. De no evitarse el crecimiento de las poblaciones cercanas al volcán, dentro de 50 o 100 años, la población será mucho mayor, las inversiones en obras de infraestructura serán importantes. Por consiguiente, la gestión de nuevas crisis volcánicas tendrán un mayor costo, la posibilidad de que ocurra un desastre será mucho mayor y en caso ocurra una erupción de magnitud moderada a alta, los costos por pérdida de infraestructura serán bastante grandes.

9. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las conclusiones y recomendaciones que a continuación se vierten están basadas en la historia y evolución del volcán Ubinas, la distribución y el alcance máximo de sus productos, la frecuencia y magnitud de sus erupciones pasadas y las características geomorfológicas del área, todo lo cual se halla plasmado en el mapa de peligros (Fig. 18). Las recomendaciones tienen por finalidad implementar un reordenamiento del territorio del valle de Ubinas, como única y efectiva medida de prevención a mediano y largo plazo. Sólo de esa manera se evitarán ocurran desastres de origen volcánico en el valle de Ubinas, se reducirán las pérdidas en infraestructura y se invertirá limitados recursos económicos en la gestión de nuevas crisis volcánicas. Lo anteriormente dicho, está orientado a salvaguardar la integridad física de las personas y permitirá una inversión adecuada y ahorro al estado.

9.1. Conclusiones

- Los poblados y áreas agrícolas del valle de Ubinas se encuentran asentados sobre depósitos emplazados por el volcán Ubinas en épocas pasadas, es decir se hallan dentro del área de influencia de este volcán.
- El volcán Ubinas en los últimos 500 años ha presentado hasta 24 erupciones de baja a moderada magnitud. Una erupción se produce cada 10 a 30 años en promedio.
- La actividad eruptiva del volcán Ubinas durante el pasado geológico y principalmente en épocas históricas, afectó constantemente a pobladores localizados en el valle de Ubinas, sus terrenos de cultivos, actividades pecuarias, vías de acceso, canales y fuentes de agua.
- En caso que ocurran erupciones de magnitud moderada a alta (IEV 3 a 4) o se incremente la magnitud de la erupción actual a los niveles señalados, los principales peligros volcánicos que pueden afectar áreas aledañas al volcán Ubinas son: peligros generados por caídas o lluvias de cenizas y escoria, peligros por flujos piroclásticos, peligros por avalanchas de escombros, peligros por flujos de lodo, peligros por flujos de lavas y peligros por gases volcánicos.
- Debido a su configuración morfoestructural, puede generarse el colapso o derrumbe del flanco sur del volcán Ubinas. Luego del colapso, los flujos de avalancha de escombros se canalizarían por el valle de Ubinas, donde se localizan la mayoría de poblados.
- El mapa de peligros volcánicos que se presenta, elaborado para un escenario moderado (IEV 1 a 4), muestra tres zonas en función de su grado de peligrosidad: zona de alto peligro, de moderado peligro y de bajo peligro.
- Las zonas de alto y moderado peligro, pueden ser afectadas por productos volcánicos que a su paso destruyen todo tipo de vida e infraestructura. Dichos productos son flujos piroclásticos, avalanchas de escombros, flujos de lodo y flujos de lava.

- La zona de bajo peligro puede ser afectada principalmente por caídas de ceniza y escoria.

9.2. Recomendaciones

- Impulsar el reordenamiento del territorio del valle de Ubinas, como única medida de prevención a mediano y largo plazo.
- Reubicar de manera definitiva a los centros poblados asentados dentro de las zonas de alto y moderado peligro. Los principales pueblos asentados en dichas áreas son Querapi, Ubinas, Huatahua, Tonohaya, San Miguel y Sacoaya.
- Evitar la construcción y desarrollo de obras de infraestructura importantes (canales de agua, reservorios, carreteras, etc) dentro de las zonas de alto y moderado peligro.
- Gestionar ante las instancias pertinentes, se declare área intangible o reserva natural protegida al volcán Ubinas y la zona circundante, principalmente las zonas de alto y moderado peligro.
- Efectuar el monitoreo volcánico permanente del volcán Ubinas, a fin de predecir la ocurrencia de una erupción mayor.

Referencias citadas

Simkin T., Siebert., (1994) –Volcanoes of the World – A Regional Directory, Gazetteer and chronology of volcanism during the last 10,000 year. Smithsonian Institution, Global Volcanism Program, Washington DC.

Diario "El Pueblo", de fechas: 11 de enero y 30 de junio - 1936, 25 de mayo, y 10 y 22 de junio-1937, 24 de julio, 13 de setiembre - 1951, 1 y 19 de junio de 1969; Arequipa.

Rivera M., (1998). "El volcán Ubinas (sur del Perú): geología, historia eruptiva y evaluación de las amenazas volcánicas actuales". Tesis Geólogo, UNMSM. 132 p.

Rivera M., Thouret J.C., Gourgaud A. (1998). Ubinas, el volcán mas activo del sur del Perú desde 1550: Geología y evaluación de las amenazas volcánicas. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú v.88, 53-71.

Thouret J.C., Rivera M., Worner G., Gerbe M.C., Finizola A., Fornari M., Gonzales K., (2005). Ubinas: the evolution of the historically most active volcano in southern Peru. Bull Volcanol; 67: 557 – 589.

ANEXO

RESUMEN DE LA ACTIVIDAD ERUPTIVA HISTÓRICA DEL UBINAS

AÑO	INICIO	FINAL	TIPO DE ACTIVIDAD	IEV	OBSERVACIONES
1550			Erupción central y explosiva	3 ?	
1599	07 Feb.	22 Feb.	Erupción explosiva moderada	2	Cenizas grises cayeron cerca a Arequipa.
1600			Erupción explosiva		
1662			Erupción explosiva	2 ?	Las cenizas viajaron hasta las pampas de Sama y Locumba.
1677			Erupción explosiva de gran magnitud	3	Probablemente cayeron cenizas y flujos piroclásticos de escorias encontradas al NW y N del volcán (hasta 1 km del cráter).
1778			Erupción explosiva		
1784			Erupción central y explosiva	2	Alta actividad fumarólica y emisión de cenizas.
1826			Erupción central y explosiva	2	
1830			Erupción central y explosiva	2	
1862			Erupción central y explosiva	2	
1865			Erupción central y explosiva	2	Emisión de cenizas grises.
1867	24-May	28-May	Erupción central y explosiva	2	
1869		Octubre	Erupción central y explosiva	2	
1906		Octubre	Erupción central y explosiva	2	
1907		Octubre	Erupción central y explosiva	2	
1912-1913 ?			Erupción central y explosiva	2	Cenizas cayeron sobre Ubinas, Chojata y Yalahua afectó tierras de cultivo y murieron ganados por epidemias desconocidas generadas por las cenizas.
1923-1925 ?			Erupción explosiva		Cenizas grises cayeron cerca a la ciudad de Arequipa.
1936	03 Ene.	Julio	Erupción explosiva y fumarólica	2	En el valle de Ubinas las cenizas afectaron áreas importantes de cultivo.

1937	Mayo	Julio	Erupción central y explosiva	2	Las cenizas destruyeron terrenos de cultivo y generaron epidemias en el valle de Ubinas.
1951	Mayo	21 Oct.	Erupción central y explosiva	2	En el valle de Ubinas las cenizas causaron serios daños.
1956	Junio		Erupción explosiva y fumarólica	2	Emisión de cenizas causaron daños en los terrenos de cultivo y en poblados del valle de Ubinas.
1969	Mayo	Dic. ?	Erupción explosiva	2	En el valle de Ubinas las cenizas destruyeron los cultivos y afectaron a la población.
1995-	Dic.	Abril ?	Alta actividad fumarólica	1	Esta actividad alarmó a la población del valle de Ubinas.
1996					

Referencia: Rivera (1998).

IEV: Índice de Explosividad Volcánica, es una escala de magnitud de una erupción que va de 0 a 8. Describe el tamaño de las erupciones volcánicas, basada entre otros factores, en el volumen de material emitido, altura de la columna eruptiva, etc.