



PERÚ

Ministerio de Energía y Minas

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico - INGEMMET

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO



Instituto de Investigación para el desarrollo de Francia



Instituto Geofísico del Perú



Gobierno Regional Moquegua



predes
CENTRO DE ESTUDIOS Y PREVENCIÓN DE DESASTRES

Boletín N° 45 Serie C
Geodinámica e Ingeniería Geológica

Gestión de la crisis eruptiva del Volcán Ubinas 2006 - 2008



LIMA - PERÚ
2011



PERÚ

Ministerio de Energía y Minas

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico - INGEMMET

SECTOR ENERGÍA Y MINAS
INGEMMET
INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO

IRD
Instituto de Investigación Para el Desarrollo - Francia



INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ

Gobierno Regional
Móquegua

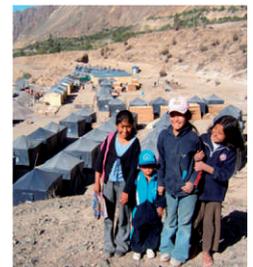


predes
CENTRO DE ESTUDIOS Y PREVENCIÓN DE DESASTRES

Boletín N° 45 Serie C
Geodinámica e Ingeniería Geológica
**Gestión de la crisis eruptiva
del Volcán Ubinas 2006 - 2008**



Jersy Mariño
Marco Rivera
Orlando Macedo
Pablo Masías
Yanet Antayhua
Jean-Claude Thouret



**Lima, Perú
2011**

SERIE C: GEODINÁMICA E INGENIERÍA GEOLÓGICA,
N° 45, 2011

Hecho el Depósito Legal N° 2011-15522
Razón Social: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico
(INGEMMET)
Domicilio: Av. Canadá N° 1470, San Borja, Lima-Perú
Primera Edición, INGEMMET 2011
Se terminó de imprimir el 20 de diciembre del año 2011 en los
talleres de Distribuidora & Gráfica Rosvil E.I.R.L. Jr. Pascual de
Vivero N° 1060 Magdalena del Mar.

© **INGEMMET**

Derechos Reservados. Prohibida su reproducción

Presidente del Consejo Directivo: Walter Casquino
Secretario General: Juan Carlos Lam

Comité Editor: Walter Casquino, Lionel Fídel, Víctor Carlotto,
Humberto Chirif, Giovanna Alfaro

Dirección encargada del estudio: Dirección de Geología
Ambiental y Riesgo Geológico

Unidad encargada de edición: Unidad de Relaciones
Institucionales.

Corrección Geocientífica: Pablo Samaniego
Digitalización y SIG: Samuel Lu.
Corrección gramatical y de estilo: Juan Enrique Quiroz
Diagramación: Zoila Solis.

Portada: Columna eruptiva del volcán Ubinas, captado el día 15
de marzo de 2009. Foto Tomada por R. Amache (PREDES).

Referencia bibliográfica

Mariño, J.; Rivera, M.; Macedo, O.; Masías, P.; Antayhua, Y.;
Cruz, V.; Gonzales, K. & Cacya, L. (2011) - Gestión de la crisis
eruptiva del volcán Ubinas, 2006 - 2008. *INGEMMET, Boletín,
Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 45, 188 p., 1 mapa.

GESTIÓN DE LA CRISIS ERUPTIVA DEL VOLCÁN UBINAS, 2006-2008

AUTORES:

Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET)

Jersy Mariño	Marco Rivera
Pablo Masías	Yanet Antayhua
Vicentina Cruz	Katherine Gonzales
Lourdes Cacya	

Instituto Geofísico del Perú (IGP)

Orlando Macedo	Adolfo Inza
Edu Taipe	Ricardo Mogrovejo
Yovana Álvarez	Domingo Ramos
David Portugal	Víctor Montesinos
Rubén Villafani	

Gobierno Regional de Moquegua (GRM)

Rosemary Berolatti	José Luis Peralta
--------------------	-------------------

Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD)

Université Blaise Pascal de Clermont Ferrand II, Francia
Jean Claude Thouret

Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI)

José Fuentes	Alfredo Siu
Anita Arguedas	

Centro de Estudios y Prevención de Desastres (PREDES)

Roxana Amache	Agustín Gonzales
Gilberto Romero	

Municipalidad Distrital de Ubinas (MDU)

José Acosta	Elvio Valdivia
Américo Quispitupac	

Instituto de Investigación para el Desarrollo (IRD)

Université de Savoie, Francia

Jean-Philippe Métaixian	Vadim Monteiller
-------------------------	------------------

Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa (UNSA)

Victor Aguilar	Armando Minaya
----------------	----------------

Contenido

PRESENTACIÓN	1
RESUMEN	3
CAPÍTULO I	
ANTECEDENTES	5
CAPÍTULO II	
EVALUACIÓN DE PELIGROS Y MAPA DE PELIGROS DEL VOLCÁN UBINAS	25
CAPÍTULO III	
MONITOREO VOLCÁNICO DE LA CRISIS ERUPTIVA DEL VOLCÁN UBINAS, PERIODO 2006-2008	31
CAPÍTULO IV	
CARACTERIZACIÓN PETROLÓGICA DE LOS PRODUCTOS EMITIDOS	81
CAPÍTULO V	
EVOLUCIÓN DEL PROCESO ERUPTIVO	89
CAPÍTULO VI	
COMUNICADOS EMITIDOS POR EL COMITÉ CIENTÍFICO	99
CAPÍTULO VII	
GESTIÓN SOCIAL DE LA EMERGENCIA ANTE EL INCREMENTO DE LA ACTIVIDAD DEL VOLCÁN UBINAS	103
CAPÍTULO VIII	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	133
BIBLIOGRAFÍA	135

PRESENTACIÓN

El volcán Ubinas se encuentra localizado en el departamento de Moquegua, a 60 km al este de la ciudad de Arequipa. Es considerado el más activo del Perú por sus 24 eventos volcánicos, registradas desde el siglo XVI hasta la actualidad. La recurrente actividad ha generado en ese lapso considerables daños en los poblados localizados alrededor del volcán, contaminando terrenos de cultivo y causando la muerte de algunas personas y un número no preciso de ganado, a consecuencia de epidemias desconocidas.

Los antecedentes mencionados no se tomaron en cuenta para instalar un permanente sistema de monitoreo volcánico, a fin de formular un plan de contingencia y preparación de la población. Ello se hizo evidentemente necesario cuando se presentó la crisis volcánica en los meses de marzo e inicios de abril de 2006. En dicha oportunidad –y pese a los antecedentes históricos– el volcán Ubinas no contaba con un sistema de monitoreo volcánico continuo. Además, los pobladores del valle de Ubinas, que suman aproximadamente 3500 personas, tenían poco o ningún conocimiento del fenómeno y sus peligros asociados. Asimismo, las autoridades no contaban con un plan de contingencia ni con experiencia para hacer frente a la crisis volcánica.

El 27 de marzo de 2006, el volcán Ubinas comenzó a emitir cenizas de manera leve, las que cayeron sobre la localidad de Querapi, que se encuentra a 4 km al sur del volcán y donde habitan 42 familias. El 1 de abril de 2006 se produjo la primera explosión y durante los días siguientes se incrementó de manera importante la actividad volcánica y las cenizas emitidas alcanzaron entre 1000 y 3500 m de altura sobre el cráter. Desde mayo hasta agosto de 2006, la actividad se mantuvo constante. Se produjeron repetidas caídas de cenizas, así como explosiones volcánicas violentas que arrojaron fragmentos de lava. A partir de septiembre de 2006, la actividad volcánica fue disminuyendo drásticamente, las explosiones volcánicas se hicieron más esporádicas y el volumen de cenizas emitidas fue mucho menor. Este tipo de actividad disminuyó en el 2007, y prácticamente cesó en el 2009.

Con el propósito de monitorear la actividad volcánica, se constituyó un Comité Científico - creado mediante resolución N.º3768-2006-INDECI/11.0- el mismo que estuvo integrado por el INGEMMET, el IGP y la UNSA.

Las primeras caídas de cenizas registradas en el valle de Ubinas afectaron al poblado de Querapi. Por esta razón, en una primera fase y de manera inmediata (20 de abril), las autoridades realizaron la evacuación de este poblado al refugio de Anascapa. El 3 de junio de 2006, el Comité Científico emitió el Comunicado N.º 8, donde recomienda al Sistema Regional de Defensa Civil de Moquegua (SIREDECI-Moquegua) elevar el nivel de alerta al color «naranja», ante el incremento de la actividad volcánica. En base a las recomendaciones emitidas, el SIREDECI-Moquegua toma la decisión de implementar la evacuación preventiva de los pobladores de las localidades de Tonohaya, San Miguel, Huatagua, Ubinas y Escacha, hacia el refugio de Chacchagén. El proceso de evacuación se llevó a cabo en dos etapas: en la primera etapa se evacuó a los pobladores de Tonohaya, San Miguel y Huatahua, el 9 de junio de 2006; en una segunda etapa se evacuó a los pobladores de Ubinas y Escacha, el 10 y 11 de junio del mismo año. En total se evacuó a cerca de 1356 personas. Los refugiados permanecieron en el albergue de Chacchagén durante más de un año, luego del cual fueron retornando a sus lugares de origen de manera progresiva, ante la disminución de la actividad eruptiva. Un censo realizado por el Comité Regional de Defensa Civil de Moquegua (CRDC-Moquegua), en diciembre de 2006, arrojó que en total permanecían en el albergue cerca de 832 personas.

Para atender a los afectados por la crisis volcánica, se implementaron refugios en Anascapa y Chacchagén. El refugio de Chacchagén albergó a más del 95% de la población evacuada. Durante una primera etapa en el albergue de Chacchagén se armaron 315 carpas, 137 módulos de vivienda, más de 40 letrinas (posos ciegos), un relleno sanitario y reservorios de agua. En una segunda etapa se construyeron el centro de salud, comedores, duchas, aulas, áreas de esparcimiento para niños, y se instalaron los sistemas de luz y telecomunicaciones. Los refugios fueron implementados considerando la Carta Humanitaria y las Normas Mínimas de respuesta en caso de desastre, considerados en el Proyecto Esfera. Por las características y servicios brindados en el refugio de Chacchagén, este es considerado uno de los mejor implementados en el mundo para atender crisis volcánicas.

Es importante destacar que la gestión de la crisis volcánica fue compleja y difícil, ya que la erupción causó pánico en los

pobladores, debido a la presencia del fenómeno. Otro factor que complicó el manejo de la crisis fue el desconocimiento e inexperiencia de las autoridades sobre este evento natural. Debido a estas carencias, el INGEMMET entabló una comunicación fluida con autoridades del SIREDECI-Moquegua, a quienes brindó asesoramiento, y proporcionó información cartográfica y resultados del monitoreo volcánico. Asimismo, se orientaron acciones en brindar información y capacitación a los profesores, estudiantes y población en general, sobre los peligros volcánicos, a través de talleres y conferencias.

Finalmente, es importante señalar que durante la crisis volcánica se logró trabajar de manera coordinada con las autoridades, los medios de comunicación y la población en general. Las recomendaciones formuladas por el Comité Científico fueron incorporadas en el manejo de crisis. Una experiencia a tener en cuenta es que el lenguaje científico es poco entendido por

la población y las autoridades, para lo cual es necesario que la información que se brinde se presente en un lenguaje sencillo y accesible a todos.

Este trabajo, denominado *Gestión de la crisis eruptiva del volcán Ubinas, 2006-2008*, por su contenido documentado con datos científicos, históricos, geográficos y particularmente la información sobre el monitoreo y manejo de la emergencia, pone en relieve la actuación de las autoridades del SIREDECI-Moquegua, de las instituciones científicas, de la población y, en especial, el trabajo desplegado por las instituciones que se sumaron a este esfuerzo digno de registrar como una exitosa experiencia.

Luis Felipe Palomino Rodríguez
General de División EP «R»
Jefe del Instituto Nacional de Defensa Civil

RESUMEN

La crisis eruptiva del volcán Ubinas se inició el 27 de marzo de 2006. En dicha fecha se reportaron por primera vez caídas de ceniza en zonas cercanas al volcán. Durante el proceso eruptivo se han identificado dos etapas diferentes: a) etapa eruptiva freática, que se extiende del 27 de marzo al 18 de abril de 2006 y estuvo caracterizada por emisiones de cenizas y proyectiles balísticos con un alto porcentaje de componentes hidrotermalizados; y b) etapa eruptiva de tipo vulcaniano, que se inicia alrededor del 19 de abril de 2006, fecha en que se avistó por primera vez un cuerpo de lava incandescente en el fondo del cráter (corroborado también por el alto contenido de componentes juveniles en las cenizas emitidas posteriores al 20 de abril). Esta segunda etapa se caracteriza por emisiones moderadas de ceniza y la ocurrencia de esporádicas explosiones, que en algunas ocasiones están acompañadas por emisiones de proyectiles balísticos. En esta segunda etapa se ha identificado un periodo de mayor actividad eruptiva, entre el 19 de abril y agosto de 2006; y un periodo de menor actividad, entre septiembre de 2006 y diciembre de 2008. El periodo de mayor actividad está caracterizado por emisiones casi constantes de ceniza, que duran entre 2 y 3 semanas aproximadamente, separados por periodos de muy baja actividad que duran generalmente entre 10 y 14 días. Durante este periodo, la columna eruptiva alcanzó valores de altura máximos, entre los 1500 y 2500 m sobre el cráter del volcán, sin embargo, luego de algunas explosiones estas se elevaron incluso entre los 3 000 y 4 000 m de altura. En este periodo, que duró aproximadamente 134 días, se han registrado 81 explosiones, es decir, ocurrió en promedio una explosión cada uno o dos días. El periodo de menor actividad (septiembre de 2006 a diciembre de 2008) está caracterizado por intervalos de tranquilidad, que podían durar semanas e incluso meses, y cortos intervalos de ligero incremento de emisiones de ceniza, que duraron entre 1 y 3 semanas. Durante este periodo de menor actividad, en promedio, la pluma volcánica alcanzó entre 300 y 700 m de altura sobre la cumbre, y las explosiones fueron muy esporádicas. En este periodo, que duró 2 años con 6 meses, las explosiones ocurrieron en promedio una vez cada 20 a 30 días.

Los productos emitidos por el volcán Ubinas, entre marzo de 2006 y diciembre de 2008, fueron cenizas y proyectiles balísticos.

Las mayores emisiones de cenizas estuvieron precedidas por explosiones volcánicas, las cuales fueron de magnitud pequeña a moderada, comparada con erupciones de otros volcanes andesíticos. Las cenizas afectaron principalmente áreas situadas a menos de 12 km del volcán. El alcance máximo registrado de los proyectiles balísticos fue de 1,8 km, donde poseen hasta 1,5 cm de diámetro, sin embargo, a 200 m del cráter se han encontrado bombas de hasta 3,5 m de diámetro. Estos balísticos están constituidos por lavas juveniles, algunas vítreas y otras escoriaeas, así como por líticos no juveniles (fragmentos hidrotermalizados y de lava accidental), que han sido arrancados del conducto volcánico. Los proyectiles balísticos juveniles poseen composición andesítica basáltica, y contienen fenocristales de plagioclasas (algunas zonadas), piroxenos, óxidos y xenocristales de biotita.

El monitoreo sísmico permitió identificar, entre mayo de 2006 y diciembre de 2008, 143 explosiones, 35240 eventos LP, 247 eventos VT, 445 eventos híbridos y 5461 temores. Las explosiones más energéticas se produjeron en los primeros meses de iniciado el proceso eruptivo, observándose la ocurrencia de la mayor explosión el 24 de junio a las 12:54 UTC (719 MJ de energía). Durante los primeros meses del proceso eruptivo se observaron altibajos de la energía sísmica diaria acumulada, sin embargo, a partir del mes de junio se registró un incremento sostenido de la sismicidad y llegó a su máximo a fines de agosto 2006. Los mayores valores de la energía sísmica acumulada se registraron los días 18 y 20 de dicho mes (el día 20 de agosto registró hasta 3137 MJ de energía). A partir de entonces, la actividad sismovolcánica ha ido decayendo paulatinamente.

El monitoreo geoquímico de la fuente Ubinas Termal (UBT) registró que la concentración del ión Cl^- se incrementó ligeramente entre enero y marzo de 2006, lapso en que se ubicaron entre 340 y 380 mg/L. Asimismo, se han observado las mayores variaciones en los valores de los cationes Na, Ca y K, entre fines de marzo y los primeros días de agosto de 2006. En esta misma fuente termal, los mayores valores de pH se registraron durante el mes de junio de 2006 (entre 6,5 y 7), y la temperatura se incrementó nitidamente entre abril y agosto del mismo año, registrándose variaciones entre 30 y 42,5 °C.

Los trabajos de monitoreo de la deformación del edificio volcánico se realizaron con el método *interferometría radar*, a partir de imágenes del satélite ENVISAT tomadas el 4 de diciembre de 2004 y el 13 de mayo de 2006. El monitoreo de la deformación del flanco sur del volcán, se efectuó con GPS y una estación total. Dichos trabajos de monitoreo no evidenciaron deformación hasta junio del año 2006, fecha posterior al emplazamiento de la lava en el fondo del cráter.

El monitoreo de la temperatura del edificio volcánico con imágenes del satélite GOAS muestra que, entre el 16 de mayo y 24 de agosto de 2006, se detectó predominancia de anomalías medias y altas. Esta predominancia de anomalías térmicas también coincide con el periodo de mayor actividad volcánica.

Para una adecuada gestión de la crisis volcánica, se elaboró un nuevo mapa de peligros del volcán Ubinas. El mapa fue realizado para un escenario eruptivo moderado, de tipo vulcaniano, debido a que en los últimos 500 años el volcán Ubinas ha tenido erupciones con índice de explosividad volcánica (IEV), entre 1 y 3. En el mapa 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. Dicho mapa de peligros ha sido utilizado en el establecimiento de las rutas de evacuación, sitios de refugio, la implementación del proceso de evacuación, así como en los programas de educación y sensibilización de las comunidades afectadas. Todas estas acciones formaron parte del *Plan Integral de Contingencia y Evacuación*, elaborado por el SIREDECI-Moquegua.

El mayor impacto ambiental generado por la erupción fue generado por la caída de ceniza volcánica, principalmente en las localidades de Querapi, Ubinas, Tonohaya, Sacoaya y Escacha. Esto provocó problemas de salud en las personas, tales como dermatitis, conjuntivitis y afecciones estomacales. También originó la pérdida de productos de panllevar, tales como papas, maíz, trigo, cebada, habas y alfalfa, así como la muerte de camélidos, ovinos, ganado vacuno y caprino, por la ingesta de pastos contaminados con ceniza. Finalmente, ocasionó un impacto social y económico importante, ya que generó desplazados y descapitalización de los pobladores.

CAPÍTULO I

ANTECEDENTES

UBICACIÓN DEL VOLCÁN UBINAS

El volcán Ubinas, denominado también por los lugareños San Pedro de 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 ($16^{\circ} 22' S$, $70^{\circ} 54' O$, 5672 msnm). El cono volcánico se encuentra en la jurisdicción de la región Moquegua, provincia General Sánchez Cerro, distrito de Ubinas. En el contexto geológico regional, el volcán Ubinas forma parte de la Zona Volcánica Central de los Andes (ZVC), que se extiende desde el sur de Perú hasta el norte de Chile (figura 1.1). La actividad del volcán Ubinas es el resultado del proceso de subducción de la placa oceánica de Nasca debajo de la placa continental Sudamericana.

El volcán Ubinas (5672 msnm) tiene la forma de un cono truncado, posee una altura de 1400 m desde su base ubicada a 4270 msnm, y cubre un área de 52 km². En la parte superior se distingue una caldera de 900 m de diámetro y dentro de la caldera un cráter de 300 m de diámetro.

Los principales poblados ubicados dentro del radio de influencia del volcán Ubinas, se localizan al sur y sureste del cono volcánico, entre ellos Querapi, Ubinas, Tonohaya, Sacuaya, San Miguel, Huatahua, Anascapa, Huarina y Escacha. En dichas localidades habitan alrededor de 3000 personas (figura 1.2). A la zona del volcán Ubinas, se puede acceder a través de una carretera afirmada que parte desde la ciudad de Arequipa y sigue la ruta Chiguata-Laguna Salinas-Moche-Ubinas.

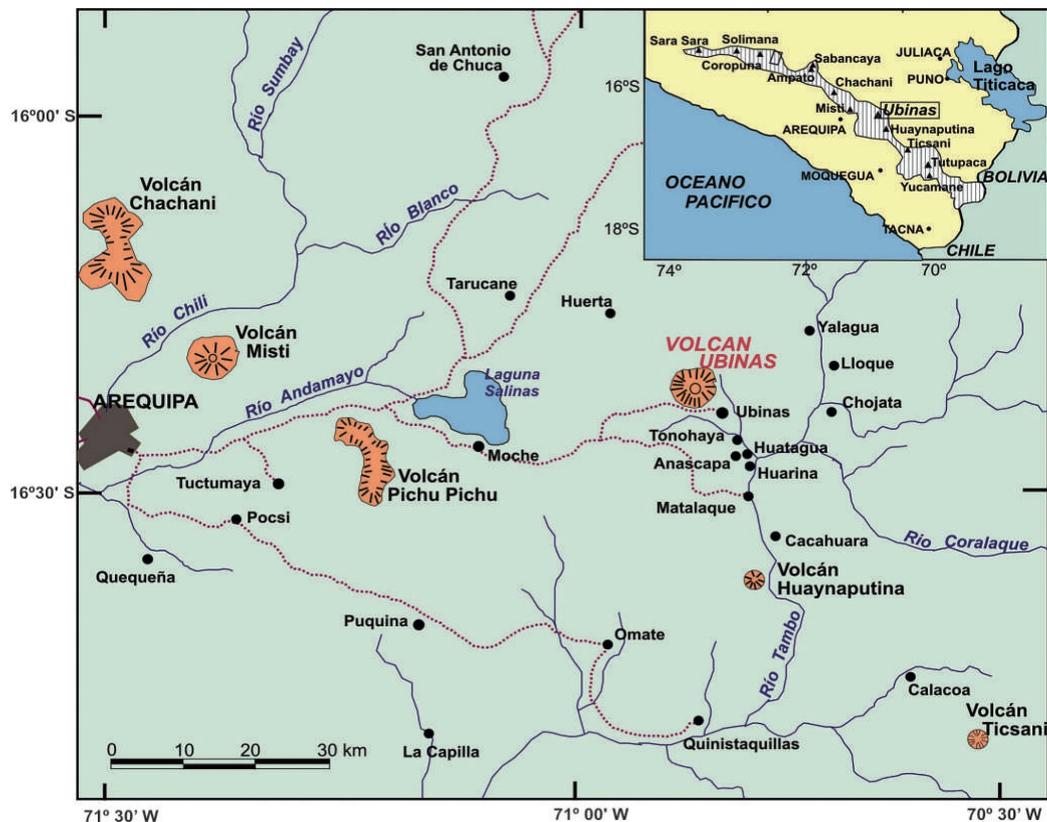


Figura 1.1 Mapa de ubicación del volcán Ubinas y alrededores. En la parte superior derecha, se muestra la localización de los volcanes activos y potencialmente activos del sur del Perú.

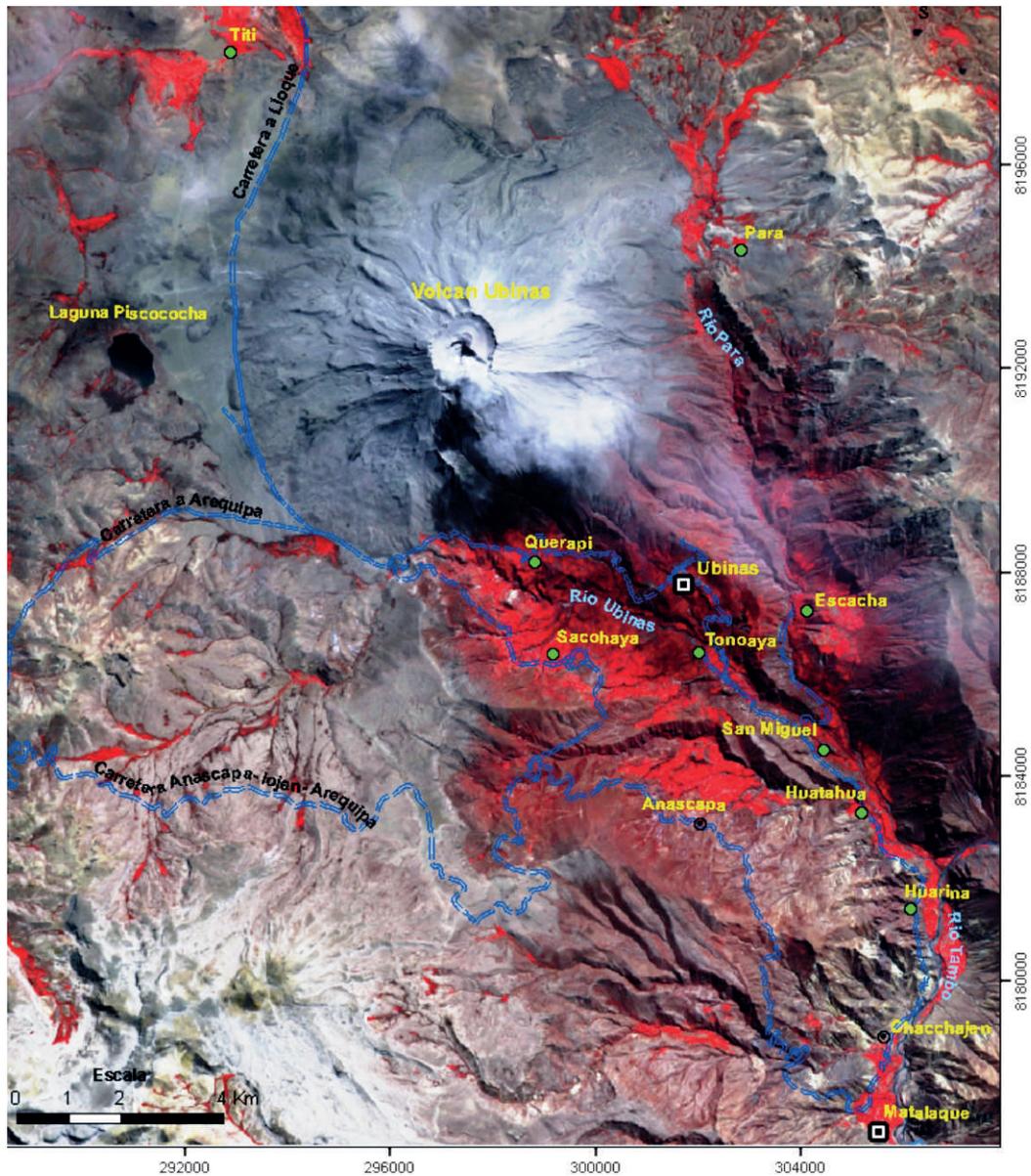


Figura 1.2 Imagen satelital ASTER que muestra emisiones de ceniza de poco volumen del volcán Ubinas, poblados aledaños al volcán, así como las principales vías de acceso.

EVOLUCIÓN GEOLÓGICA Y VOLCANOLÓGICA DEL VOLCÁN UBINAS

Marco Rivera¹

¹ Instituto Geológico Minero y Metalúrgico

Los estudios estratigráficos y el cartografiado geológico a escala 1/25000 realizados por el INGEMMET, así como las dataciones radiométricas $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$, ^{14}C y los trabajos geológicos realizados por Rivera *et al.* (1998), Thouret *et al.* (2005) y Rivera (2010) muestran que el volcán Ubinas se construyó en dos grandes períodos: «Ubinas I» y «Ubinas II».

Edificio Ubinas I (>370,000 años)

Durante este período se emplazaron coladas de lava andesíticas ligadas a una actividad principalmente efusiva. Las lavas tienen en total más de 500 m de espesor y conforman la base del volcán (figura 1.3). Posteriormente se produjo el colapso del flanco sur de este edificio volcánico generando un depósito de avalanchas de escombros de $\sim 2,8 \text{ km}^3$, que fue canalizado por los paleovalles Ubinas y Para.



ERA	FORMACIÓN Y EDIFICIOS	LITOLOGÍA
HOLOCENO	UBINAS II	Qh-cl Depósitos coluviales
		Qh-al Depósitos aluviales
PLEISTOCENO	UBINAS I	Ub-Ilf Lahares
		Ub-Illé Flujos de escorias de 1667
		Ub-Ild Depósitos de cenizas grises de menos de 500 años
		Ub-Ilc Avalancha de escombros de ~3740 años B.P.
		Ub-Ilb Depósitos de cenizas y lapilli pómez emplazados entre 16000 y 1000 años.
		Ub-Ila-2 Secuencia de flujos de pómez y cenizas, y flujos de bloques y cenizas (176 y 16 ka).
		Ub-Ila-1 Domo de lava riolítico, datado en 250 ± 26 ka.
		Ub-Ila Secuencia de flujos piroclásticos cohesivos, de composición dacítica y riolítica (342 y 16 ka).
		Ub-Ila Flujos de lava andesíticos y dacíticos del cono superior (370 y 20 ka).
		Ub-Ib Depósito de avalancha de escombros con megabloques
PLIOCENO	GRUPO BARROSO	Ub-la Flujos de lava andesíticas del cono inferior datadas en >370 ka.
		D-1 Domo de lava andesítico
		P-Ba/5 Depósito volcanoclástico
		P-Ba/4 Flujos de lava andesíticos y flujos piroclásticos
		P-Ba/3 Flujos de lava andesíticos
MIOCENO	GRUPO TACAZA	P-Ba/2 Depósitos de avalancha de escombros
		P-Ba/1 Ignimbritas soldadas de colores gris violáceas, andesíticas.
		M-Ta/5 Depósitos de flujos de cenizas cohesivas y soldados
		M-Ta/4 Lavas y depósitos de flujos piroclásticos alterados e hidrotermalizados.
		M-Ta/3 Depósitos de flujos de cenizas dacíticas, soldadas.
CRETACEO INFERIOR	FORMACIÓN MATAQUA	M-Ta/2 Ignimbritas dacíticas y andesíticas masivas y soldadas.
		M-Ta/1 Secuencia volcanoclástica estratificada.
		K-Ma/2 Avalancha de escombros con bloques alterados e hidrotermalizados.
		Ki-Ma/1 Lavas y depósitos de flujos piroclásticos alterados e hidrotermalizados.

LEGENDA

- Limite del sistema hidrotermal según medidas de PS
- Falla probable
- Falla normal
- Escarpas
- Zonas alteradas e hidrotermalizadas
- Caldera de la cumbre

Figura 1.3. Mapa geológico del volcán Ubinas (tomado de Rivera, 2010)

Edificio Ubinas II (<370000 años hasta la época actual)

Ila: Crecimiento de domos y emplazamiento de flujos de lava (370-270 ka)

Después del emplazamiento de las avalanchas de escombros, la actividad del Ubinas se manifiesta mediante el crecimiento y destrucción de domos que generan flujos de bloques y cenizas de composiciones andesítica y riolítica, visibles en ambas márgenes del valle de Ubinas (hasta la confluencia de los ríos Anascapa y Ubinas). Entre esos depósitos, el más reciente ha sido datado en 342 ± 64 ka. Este depósito tiene 30 m de espesor y contiene bloques riolíticos de hasta 1 m de diámetro, incluidos dentro de una matriz de ceniza de color gris. El volumen de ese depósito fue estimado en aproximadamente $0,5 \text{ km}^3$. Esos depósitos yacen encima del depósito de avalancha descrito anteriormente.

Después del emplazamiento de los flujos de cenizas y bloques, una actividad esencialmente efusiva ha generado flujos de lava de composiciones andesítica y dacítica superpuestas, que forman la base del cono superior del Ubinas, de 4800 a 5200 msnm (figura 1.3). Esas lavas en general presentan pendientes muy pronunciadas ($\geq 30^\circ$). Cada flujo de lava tiene entre 20 y 40 m de espesor.

Ilb: Caldera de colapso (270-16 ka)

Después del emplazamiento de flujos de lava, la actividad continúa con el emplazamiento de flujos de pómez y cenizas no soldados que afloran en el valle de Ubinas (entre 7 y 8 km al sureste del cráter, al pie del poblado de Sacuhaya). Estos depósitos miden entre 40 y 60 m de espesor (figura 1.4). El depósito de flujo piroclástico de la base ha sido datado en 269 ± 14 ka. Esos depósitos son masivos y de color ocre. El emplazamiento de estos voluminosos flujos de cenizas y pómez dacíticos de $1,8 \text{ km}^3$ se han producido probablemente como consecuencia del colapso de una caldera antigua del volcán Ubinas, sobre la cual posteriormente se emplazaron coladas de lava del cono de la cumbre que terminaron por cubrir los bordes de esta caldera. Actualmente, la existencia de discordancia entre las coladas de lava del cono superior y cono antiguo (cambio de pendiente y presencia de fracturas), visibles en el flanco S y SE, puede representar la traza en superficie de la caldera.

Ilc: Crecimiento y destrucción de domos de lava (250-170 ka)

Después del emplazamiento de flujos de pómez y cenizas, la actividad estuvo alternada con un periodo de crecimiento y destrucción de domos, y emisiones de lava, interrumpido por algunos episodios explosivos.

Un domo dacítico que aflora al pie del flanco sureste (4100 m) de aproximadamente 600 m de altura ha sido datado por

Thouret *et al.* (2005) en 250 ± 20 Ma. Ese domo se construyó y destruyó produciendo depósitos de bloques y cenizas, que fueron depositados en el fondo del valle de Ubinas (a 8 km al SE del volcán) y en la quebrada Infiernillo (6 km al sureste del cráter), en donde miden 20 m de espesor. Un depósito de bloques y cenizas de 30 m de espesor que aflora a 8 km del cráter, en la parte superior de una secuencia piroclástica, ha sido datado en 176 ± 64 (Rivera, 2010). Ese depósito contiene bloques lávicos andesíticos y fragmentos líticos incluidos dentro de una matriz de ceniza de color ocre y gris claro.

Ild: Lavas del cono superior (170-20 ka)

Seguido al crecimiento y destrucción de domos, se ha producido la emisión de flujos de lava dacíticas y andesítica en bloques que conforman el cono de la cumbre, de 4800 a 5672 m (figura 1.3). Dataciones ^{40}Ar - ^{39}Ar arrojan edades comprendidas entre 168 ± 30 ka (Thouret *et al.*, 2005) para una lava del cono medio, y 20 ± 10 para una lava del cono superior localizado a 5400 msnm (Rivera, 2010).

Ile: Formación de la caldera de la cumbre (~16 ka-época histórica)

Como se ha indicado anteriormente, el Ubinas presenta una caldera de la cumbre de 1,4 km de diámetro (figura 1.3). Teniendo en cuenta las edades de los flujos de lavas recientes que forman la cima del volcán (aproximadamente 20 ka) y las edades de los depósitos de caídas (menos de 14 ka), la edad de la formación de la caldera de la cumbre puede ser estimada entre 14 y 20 ka. Los depósitos de caída ligados a la formación de la caldera están localizados al pie de los flancos sureste (cerca de la localidad de Sacuhaya) y sur (quebrada Infiernillo), entre 9 y 6 km del cráter, respectivamente.

Cerca de la localidad de Sacuhaya se distingue una secuencia de caídas piroclásticas recientes (figura 1.5). El depósito más antiguo corresponde a una caída de lapilli pómez riolíticos, rico en fragmentos líticos de 4,8 m de espesor. Este depósito de $\sim 3 \text{ km}^3$ es el más antiguo que encontramos alrededor del volcán y proviene de una erupción pliniana que ha dado probablemente lugar a la formación de la caldera actual del volcán. Ese depósito ha sido dispersado en forma de un lóbulo, cuyo eje estuvo orientado hacia el suroeste. Ese depósito es más antiguo que 7480 ± 40 años B.P., y puede corresponder a un depósito de caída riolítica que ha sido datado en aproximadamente $14,69 \pm 0,29$ ka B.P. en la laguna Salinas, que se ubica a 30 km al suroeste del Ubinas (Juvigné *et al.*, 1997).

Encima de este depósito (figura 1.5) sobreyace una capa de cenizas removidas y un suelo de 0,4 m de espesor, sobre el cual yace una capa de lapilli pómez de 0,18 m de espesor. Sobreyaciendo esos depósitos, se encuentra una capa de caída de lapilli pómez dacíticos de 1,2 m de espesor datada



Figura 1.4 Secuencia de flujos de pómez y cenizas emplazadas al pie del poblado de Sacohaya.

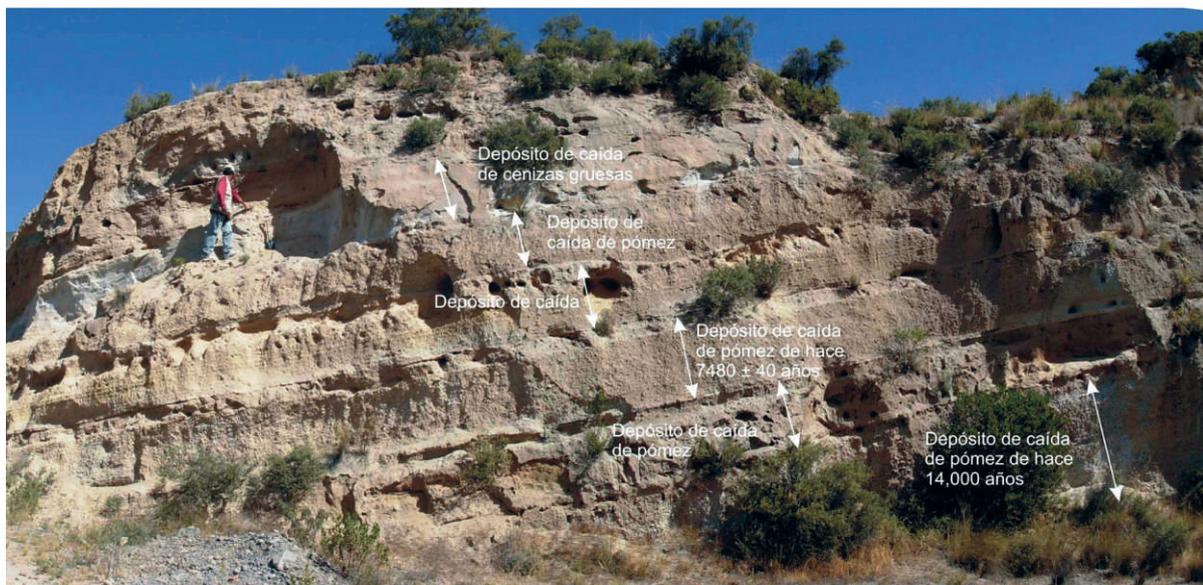


Figura 1.5 Secuencia de caída de tefras que aflora en la zona de Sacohaya.

en 7480 ± 40 años B.P. (Thouret *et al.*, 2005). Encima de este último depósito afloran al menos cuatro capas de caídas de lapilli pómez pertenecientes a caídas plinianas, emplazadas los últimos miles de años.

Según las características de los depósitos emitidos en los últimos miles de años, la actividad del Ubinas ha consistido en erupciones subplinianas, freatomagmáticas y vulcanianas que han generado depósitos piroclásticos, principalmente de caída distribuida en el flanco sur.

Ilf: Colapso de flanco sur (~3670 ka)

Poco antes de ~ 3670 años ± 60 A.P. (Rivera *et al.*, 1998), se produjo un segundo colapso del flanco sur del edificio volcánico que generó depósitos de avalanchas de escombros. Estas avalanchas de escombros de $\sim 1,6 \text{ km}^3$ afloran hasta 6 km al pie de la pared sur del Ubinas. Estos depósitos rellenaron la cabecera del valle de Ubinas donde formaron *hummocks* o colinas cónicas de 40 a 80 m de altura. Los depósitos están constituidos de bloques de lava fracturados de hasta 10 m de diámetro, incluidos dentro de una matriz limosa.

Ilg: Actividad explosiva moderada

Entre 7 y ~ 1 ka, el Ubinas ha presentado una actividad explosiva moderada, sugerida por la presencia de tres capas de caídas de lapilli pómez dacíticos y andesíticos (descritos anteriormente),

cubiertos por una secuencia de capas delgadas de cenizas finas. Los primeros son visibles en el sector de Sacuhaya (9 km al sureste del volcán) y la quebrada Volcanmayo (6 km al sur del cráter), donde esos depósitos tienen entre 80 y 60 cm de espesor. Mientras que la secuencia completa de cenizas finas es visible en la quebrada Volcanmayo (6 km al sur del cráter). Esos depósitos están dispuestos en capas delgadas, estratificadas, de colores gris y ocre; tienen en total 5 m de espesor y son cubiertos por un suelo de 0,9 m de espesor.

IIh: Actividad explosiva desde hace 1000 años

La última erupción pliniana del Ubinas ha sido datada en 980 ± 60 años B.P. (Rivera *et al.*, 1998). Esta erupción ha generado un depósito de caída de lapilli pómez que alcanza 4,5 m de espesor a 6 km al sureste del cráter (quebrada Infiernillo). Ese depósito yace sobre un suelo de 0,9 m de espesor descrito anteriormente (figura 1.6). El depósito de caída está constituido de lapilli pómez andesítico de 0,5 a 10 cm de diámetro, y de fragmentos líticos andesíticos centimétricos. Entre 60 y 100 cm de la base del depósito, existen dos capas delgadas de lapilli y cenizas de color rosado de 10 cm de espesor ligados a eventos freáticos producidos durante la erupción pliniana. Este depósito cuyo volumen es de $\sim 2,8 \text{ km}^3$ fue probablemente dispersado en un lóbulo cuyo eje estaba dirigido hacia el sureste. En efecto, a más de 40 km al SE del volcán alcanza 25 cm de espesor.

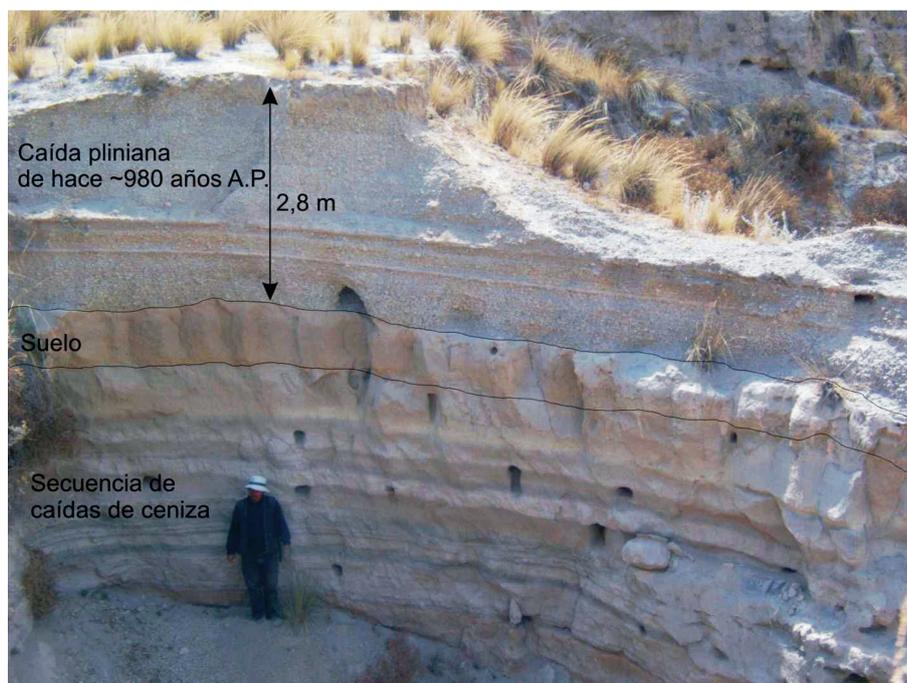


Figura 1.6 Secuencia piroclástica visible en el Sector de Corohuayo (6,5 km al este del Ubinas), en el cual se distingue el depósito de caída pliniana de hace 980 años que cubre delgados niveles de cenizas grises.

Después de la última erupción pliniana, la actividad del Ubinas ha sido caracterizada por eventos explosivos leves a moderados (IEV 1-3) de tipo freatomagmática, freática y vulcaniana, la mayoría de poco volumen ($<0,01 \text{ km}^3$), y a veces por episodios fumarólicos. En efecto, encima de este último depósito pliniano existen al menos tres capas de caída de lapilli pómez y fragmentos líticos que miden entre 30 y 50 cm de espesor (a 6 km al SE del cráter). Esos depósitos contienen bloques juveniles densos, con superficies vitreas ovaladas y fracturas radiales que sugiere eventos freatomagmáticos.

ACTIVIDAD ERUPTIVA HISTÓRICA DEL VOLCÁN UBINAS DESDE 1550 D.C.

Marco Rivera¹

¹ Instituto Geológico Minero y Metalúrgico

Los relatos históricos y los datos geológicos muestran que el volcán Ubinas presentó al menos 23 erupciones desde el año 1550 d.C. hasta 1995-96 (Rivera, 1998), con una recurrencia de 2 a 6 erupciones o crisis eruptivas 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 (tabla 1). Estos eventos corresponden a intensas emisiones de gases y ceniza (a veces precedidos de fuertes explosiones instantáneas), que causaron daños en centros poblados y terrenos de cultivo localizados en áreas aledañas al volcán (Rivera, 1998).

Los datos históricos indican que algunas de las erupciones presentadas por el Ubinas fueron de magnitud leve a moderada (IEV 1-3), es decir, corresponden a un dinamismo vulcaniano, freatomagmático y Saint Vincent. Estas erupciones se caracterizaron por súbitas emisiones de bloques y ceniza a la atmósfera y eventualmente se generaron flujos piroclásticos. En base a las descripciones históricas, así como al mapeo de los productos eruptivos se considera que la erupción de 1667 d.C., de tipo Saint Vincent, tuvo un IEV de 3. Esta erupción depositó flujos piroclásticos de escorias y cenizas en los flancos superiores del volcán; mientras que en áreas distales (entre 6 y 12 km del volcán), depositó cenizas grises que yacen sobre una capa de lapilli pómez del volcán Huaynaputina (erupción del año 1600 d.C.).

Durante el siglo XX, el Ubinas ha presentado al menos ocho eventos eruptivos, caracterizados por intensas emisiones de gases y ceniza, ligados a eventos de tipo vulcaniano 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. Frecuentemente, las cenizas se mezclaron con el agua y se transformaron en flujos de lodo y escombros, que discurrieron por el fondo del valle Ubinas, destruyendo diversos

cultivos (diario *El Pueblo*, 1936, 1937, 1951, 1969). En el tabla 1.1, se presenta un resumen de la actividad del volcán Ubinas en épocas históricas.

CARACTERÍSTICAS GEOFÍSICAS Y GEOQUÍMICAS DEL VOLCÁN UBINAS ANTES DE LA CRISIS ERUPTIVA DE 2006

Orlando Macedo¹

¹ Instituto Geofísico del Perú

Introducción

Desde los años 90, el IGP ha realizado numerosos estudios geofísicos, geológicos y geoquímicos para caracterizar al volcán Ubinas (Macedo y Lesage, 1997; Macedo, 1998; Rivera, 1998; Métaixian *et al.*, 1998; Gonzales, 2001; Macedo *et al.*, 1999, 2002; Taipei 2008). Los trabajos emprendidos incidieron en la investigación de la estructura interna del volcán, las características de la circulación de fluidos en el cono volcánico, así como el estado de su actividad. Para ello se efectuaron los siguientes trabajos: a) mediciones de potencial espontáneo (PE) y mediciones de la temperatura sobre el piso de la caldera; b) monitoreo de la actividad sísmica; c) análisis de la concentración de CO_2 en los gases del suelo; d) análisis geoquímico de aguas termales y frías próximas al volcán. Por otro lado, estudios geológicos realizados por el IGP, permitieron conocer la evolución geológica y vulcanológica del volcán, así como la presencia de actuales sistema de fallas y/o fracturas que cruzan al volcán (Rivera *et al.*, 1997; Rivera, 1998).

Estudios de PE y mediciones de temperatura

En julio de 1997 se efectuó una campaña de mediciones detalladas del PE y de la temperatura del suelo sobre el piso de la caldera. Se midió en un total de 2698 estaciones que estuvieron repartidas en 40 perfiles orientados E-O. Los resultados de PE (figura 1.7) y temperatura no muestran anomalías importantes (Macedo *et al.*, 2002). En temperatura solo destacan seis puntos correspondientes a orificios o zonas de salida de gases situadas al fondo del cráter activo, con temperaturas entre 38°C y 444°C . El flujo de emisiones en estos orificios puede elevarse súbitamente, llegando a generar espectaculares vistas de la caldera completamente llena de gases azulinos o blanco-azulinos (figura 1.8), que en repetidas ocasiones han desbordado por los flancos del volcán (Macedo, 1998, 2000). Estos resultados y observaciones indican que, en 1998, el sistema hidrotermal del volcán Ubinas no era detectable sobre la superficie de la caldera, lo cual puede ser explicado por la presencia de gruesas capas de ceniza y lapilli, sobre el piso de la caldera que se comportarían como material altamente impermeable, impidiendo así la llegada de fluidos calientes hasta las inmediaciones del piso de la caldera.

Tabla 1.1

Resumen de la actividad histórica del volcán Ubinas, desde el año 1550 d.C. hasta el año 1996. Se reportan 23 crisis volcánicas, referidas a alta actividad fumarólica y emisiones de cenizas (tomado de Rivera, 1998)

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 alcanzaron hasta Sama y Locumba.
1677			Erupción explosiva de gran magnitud	3	Probablemente cayeron cenizas y flujos de escorias encontradas al NO y N del volcán.
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 exp.	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 en Ubinas, Chojata y Yalahua afectando cultivos; murieron ganados.
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 destruyeron los cultivos.
1937	Mayo	Julio	Erupción central y explosiva	2	Las cenizas destruyeron cultivos 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 daños.
1956	Junio		Erupción explosiva y fumarólica	2	Emisión de cenizas causaron daños en cultivos y poblados del valle de Ubinas.
1969	Mayo	Diciembre?	Erupción explosiva	2	En el valle de Ubinas las cenizas destruyeron cultivos y afectaron a pobladores.
1995-1996	Diciembre	Abril?	Alta actividad fumarólica	1	Alarmó a la población en general, fue reportado por el IGP y el IRD (antes ORSTOM).

Durante los años 1998 y 1999 se realizaron campañas de medición del PE, con el fin de cubrir todo el edificio volcánico. En base a dichos trabajos se elaboró un mapa de PE y un mapa de zonación de gradientes PE/altitud, que permite delimitar claramente dos zonas: una *hidrogeológica* y otra *hidrotermal*, separadas por una zona central denominada zona *de transición* (figura 1.9), de forma casi circular. Por su forma y dimensiones (6 x 7 km), se ha interpretado,

en términos estructurales, que esta anomalía se debe a la presencia de una cicatriz de una antigua gran caldera. Se observa también en el sector NNO una tendencia de los isotopenciales de alejarse entre sí en dirección norte, con la consiguiente alteración de la forma circular de la anomalía, es decir, un alargamiento hacia el NNO que ha sido interpretado como la influencia de una zona de fractura local N30°O (Gonzales, 2001; Macedo *et al.*, 2002).

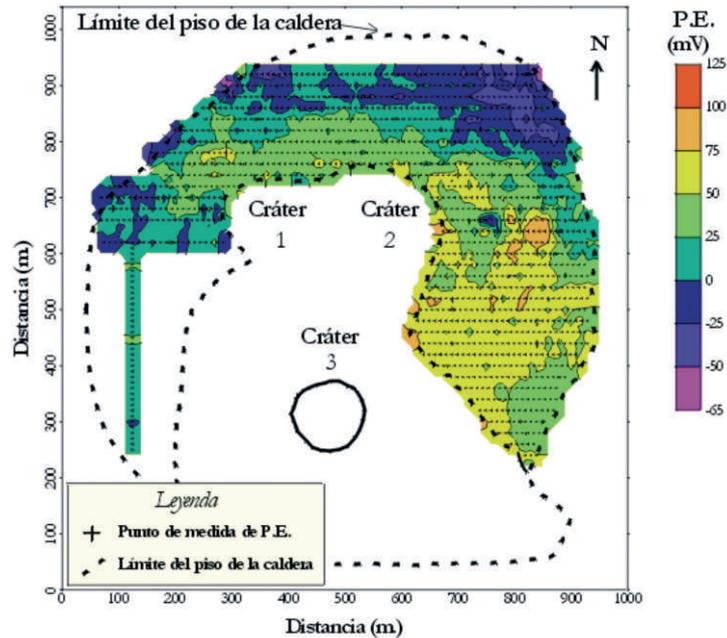


Figura 1.7 Mapa de PE sobre el piso de la caldera del volcán Ubinas, en base a mediciones realizadas en julio de 1997. No se observan anomalías importantes, los valores de PE son apenas superiores al nivel del ruido (Macedo, 1998; Macedo *et al.*, 2002).



Figura 1.8 Ejemplo de súbito incremento en el débito de gases fumarólicos en el volcán Ubinas. La totalidad de la caldera puede ser llenada en pocas decenas de minutos (Macedo, 23 de julio de 1997).

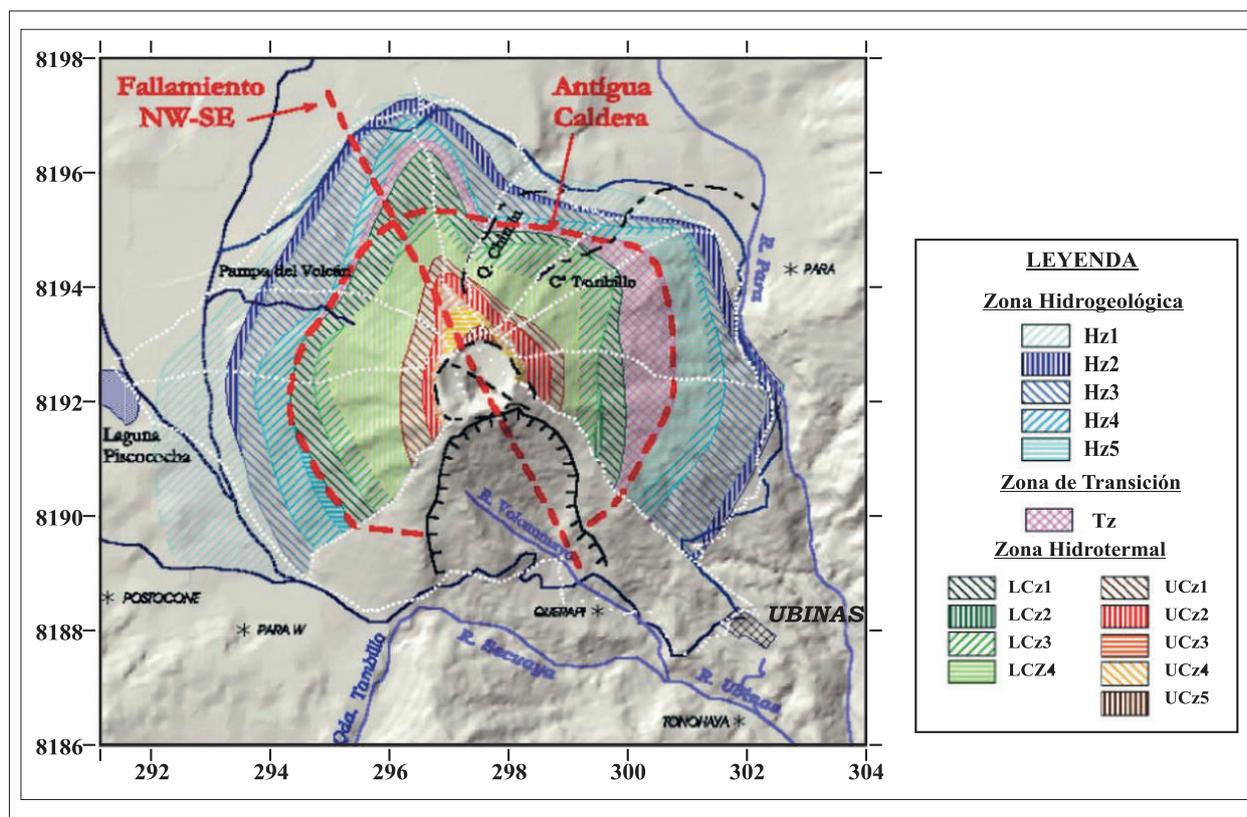


Figura 1.9 Mapa de Zoneación de Gradientes PE/Altitud en el Volcán Ubinas (Gonzales, 2001).

Monitoreo de la actividad sísmica

El IGP realizó campañas de monitoreo sísmico en el volcán Ubinas en mayo y junio del año 1996, que evidenciaron la existencia de actividad sísmica con gran número de eventos de tipo volcano-tectónico (VT), de periodo largo (LP), e inclusive algunos episodios de tremor (Macedo y Lesage, 1997).

Durante el periodo de marzo a abril de 1998 se realizó una nueva campaña de monitoreo sísmico, esta vez por un lapso de 3 semanas, mediante 8 estaciones sísmicas. El análisis de la forma de onda y del espectro permitió identificar un promedio diario de 11 sismos tipo LP, 9 sismos tipo VT y 3 sismos tipo Tornillo (TO) (Macedo *et al.*, 2002). En esta oportunidad se observó que la mayoría de los sismos eran superficiales (agrupamiento notable entre los 4000-5000 msnm) (figura 1.10) y están situados directamente por debajo de la caldera. La mayor parte de los sismos LP están localizados al noroeste de la caldera; mientras que los VT, hacia el noreste de la misma. Los sismos tipo TO están ubicados dentro de la caldera y agrupados debajo de la parte noroeste, entre los 3500 y 4800 m de altitud. No se observa mayor actividad por debajo de los 2000 msnm.

Observaciones de emisiones de gases volcánicos y muestreo del gas del suelo de la cadera

Concentraciones de CO_2 están particularmente presentes en las zonas volcánicas. Una alta concentración de CO_2 en los gases del suelo muestreados en superficie puede estar asociada a zonas de mayor permeabilidad, es decir, podría ser un indicador de la presencia de fracturas o fallas que no fueran visibles en superficie. En el volcán Ubinas, en 1999 se efectuaron muestreos de gas de suelo a lo largo de un perfil y medio dentro de la caldera (figura 1.11). Estos muestreos se hicieron con el fin de investigar posibles zonas preferenciales que facilitarían el ascenso de gases del suelo provenientes del sistema hidrotermal. Las muestras fueron luego enviadas al laboratorio para su análisis por cromatografía de gases. Los resultados parecen concordar con las observaciones efectuadas por otros métodos. Los puntos de mayor concentración (1100, 1800 y 1900 ppm) se encuentran alineados aproximadamente con la prolongación de una falla $\text{N}30^\circ\text{O}$, cuya existencia fue previamente sugerida por Rivera (1998) (figura 1.11).

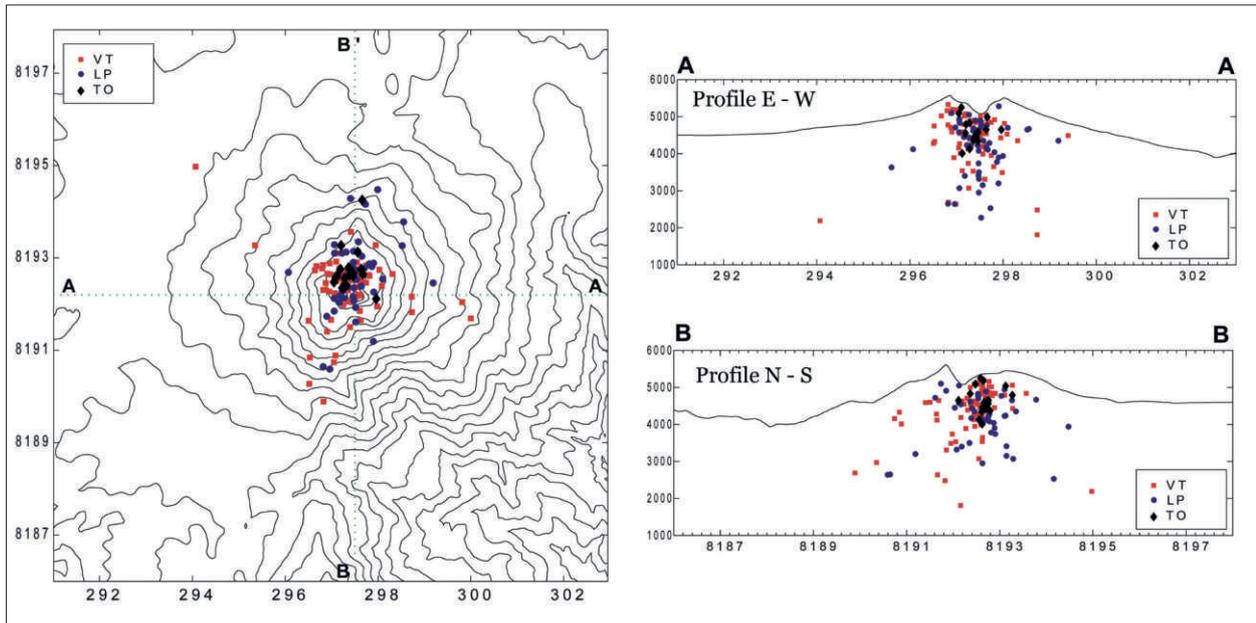


Figura 1.10 Distribución de la sismicidad del volcán Ubinas, registrado entre marzo y abril del 1998 (Macedo *et al.*, 2002; Taibe, 2008).

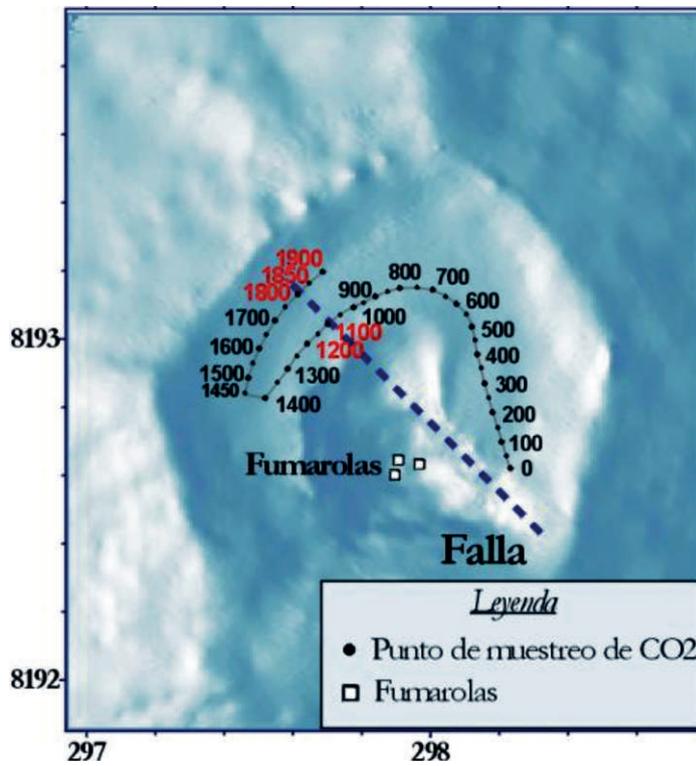


Figura 1.11 Ubicación de los puntos de mayor concentración de CO_2 (valores en color rojo) en la caldera del volcán Ubinas (Gonzales, 2001; Macedo *et al.*, 2002).

Geoquímica de aguas termales y frías

En julio de 1997 se efectuó un muestreo de aguas termales y frías en 21 fuentes que afloran dentro de un radio de 25 km alrededor del volcán Ubinas. Los resultados del análisis geoquímico de las aguas de las fuentes se presentan en la figura 1.12 por medio del diagrama ternario Cl-SO₄-HCO₃ (Nicholson, 1993) para las fuentes de Ubinas Termal (UT), Cascada Ubinas (CU), Ispaypuquio I (I1), Tambillo (T), Para Oeste (PO), Laguna Piscococha (LP), Ispaypuquio II (I2), Matalaque (M), Río Tambo-M (RT-M), Cruz Matalaque (+M), Huarina (H), Huarina2 (H2), Río Tambo-H (RT-H), Baños del Cura (BC), Baños del Cura II (BC2), Río Tambo-BC (RT-BC), Puente Hujo (PH), Río Tambo-PH (RT-PH), Para Este (PE), Laguna Salinas (LS) y Baños Lloque (BLI). Los resultados de este estudio determinaron una clasificación en: a) aguas cloruradas, en Laguna Salinas, Baños Lloque, Baños del Cura y Puente Hujo; y b) aguas clorosulfatadas, en todas las demás muestras, aunque se distinguen bien como un subgrupo las fuentes de Para Este y Matalaque (Macedo *et al.*, 2002).

Las relaciones obtenidas pueden interpretarse finalmente como una mezcla de las fuentes alrededor del volcán Ubinas en el área investigada, y que implica tres miembros: un reservorio clorurado DCR (Deep Chloride Reservoir, donde se incluye Baños Lloque, Puente Hujo, Baños del Cura y Laguna Salinas), un componente de agua fresca FWR (Fresh Water Reservoir, conformado por Para Este y Matalaque), y un componente de fluidos volcánicos VF (Volcanic Fluids, cuyas componentes se encuentran en todas las demás fuentes).

Al interior del edificio volcánico, una primera mezcla de fluidos tiene lugar entre los miembros definidos como VF y FWR. Esta mezcla se pone de manifiesto, entre otras, en aguas de la fuente UT, que evidencian ser sulfatadas como se observa en la figura 1.12, y por tanto pueden ser consideradas como adecuadas para establecer un monitoreo geoquímico del volcán Ubinas. Por esta razón, el IGP decidió, en 2002, construir una caseta en la fuente de UT destinada a albergar instrumentos para registros y muestreos.

Interpretación y conclusiones

La figura 1.13 constituye un esquema-modelo acerca del estado estructural del edificio y de la circulación de fluidos, que resume gráficamente los resultados obtenidos, que son los siguientes:

- Los resultados de estudios de PE, térmicos y de concentración de CO₂ en el suelo de la caldera, así como los resultados de sismicidad, han permitido inferir que en 1998 el volcán Ubinas se presentaba como un sistema hidrotermal cerrado y en sobrepresión, que se traduce en manifestaciones fumarólicas intensas al fondo de su cráter (figura 1.10), la presencia de una intensa actividad sísmica, asociada al hidrotermalismo. La sismicidad está situada preferencialmente entre los 4000-5000 msnm.
- El mapa del PE a escala del edificio delinea una anomalía negativa de forma casi circular, debido posiblemente a la presencia de una cicatriz de una antigua caldera, que geológicamente correspondería al límite entre las unidades «Ubinas Antiguo» y «Ubinas Moderno». Estos datos PE muestran, asimismo, compatibilidad con la presencia de una falla N30°O que cruzaría al cono.

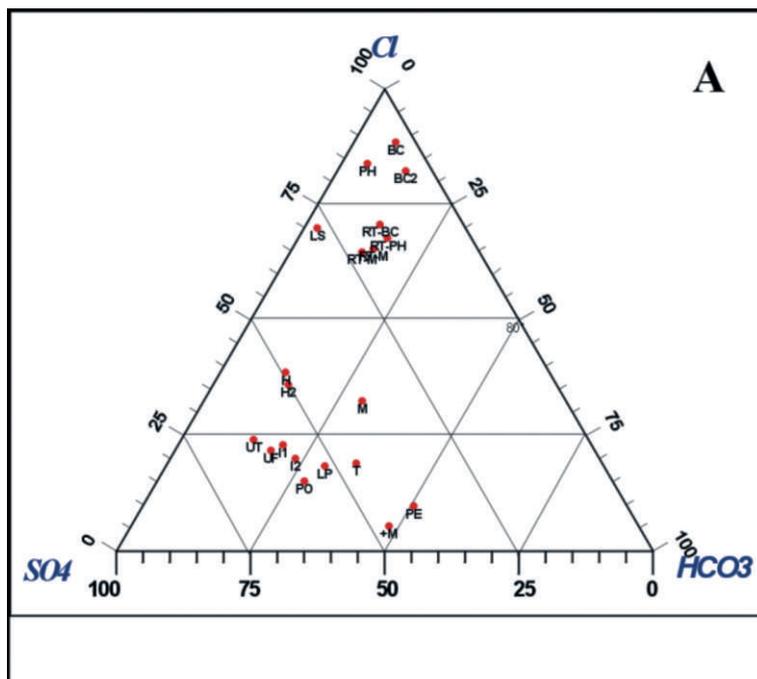


Figura 1.12 Diagrama ternario Cl, SO₄ y HCO₃ para las aguas de fuentes termales asociadas al volcán Ubinas (Gonzales, 2001; Macedo *et al.*, 2002).

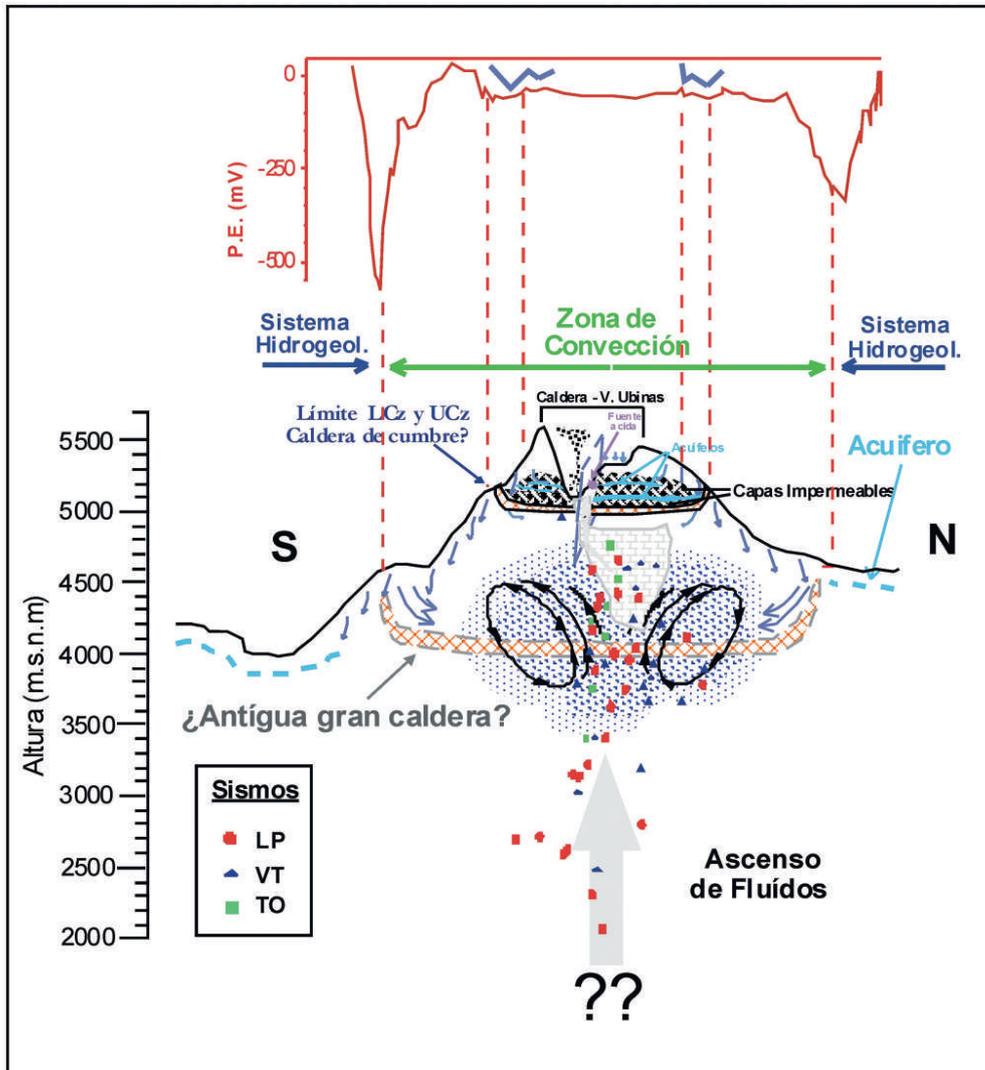


Figura 1.13 Modelo estructural del edificio y de circulación de fluidos en el volcán Ubinas, estimado a partir de los datos de PE, térmicos y de sismicidad (Gonzales, 2001; Macedo *et al.*, 2002).

ASPECTOS SOCIOECONÓMICOS DE LOS POBLADOS ALEDAÑOS AL VOLCÁN UBINAS

Jersy Mariño¹

¹ Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico

El volcán Ubinas políticamente pertenece a la región Moquegua, provincia General Sánchez Cerro, distrito de Ubinas. Al sur y sureste del volcán se localizan los principales poblados tales como Querapi, Ubinas, Tonohaya, Sacuaya, San Miguel, Huatahua, Anascapa, Huarina, Escacha, entre otros (figuras 1.2, 1.14-1.19). Hacia el norte se encuentran anexos o centros poblados pequeños, tales como Para, Tite, Santa Lucía, Logen, Camata, Santa Rosa de Salinas, entre otros. Luego de iniciada la crisis volcánica, entre el 26 de abril y el 5 de mayo

de 2006, se realizó el empadronamiento de los habitantes de las poblaciones en riesgo de ser afectadas por la erupción del volcán Ubinas. Dicho empadronamiento arrojó 1216 familias y 3559 habitantes, en cerca de 19 centros poblados (Berolatti *et al.*, 2006) (tabla 1.2).

Las principales actividades económicas de los pobladores del valle de Ubinas son la agricultura y la ganadería. La agricultura se desarrolla principalmente debajo de los 3600 msnm, con el cultivo de maíz, papa, trigo, cebada, menestras, alfalfa, entre otros (figuras 1.15 y 1.14). La actividad ganadera está relacionada a la crianza de ovinos, bovinos y caprinos; sin embargo, por encima de los 4000 msnm, la crianza de camélidos es muy extendida. La población pecuaria en riesgo ha sido estimada en cerca de 150 mil animales (Berolatti *et al.*, 2006) (tabla 1.3).

Tabla 1.2
Resumen del resultado del empadronamiento de pobladores, realizado en centros poblados cercanos al volcán Ubinas, durante el inicio del proceso eruptivo

Nro	Lugares referenciales (incluye anexos)	Familias	Personas
1	Santa Lucia	43	117
2	Logen	2	4
3	Santa Rosa de Salinas	2	12
4	San Carlos de Tite	24	71
5	Yaribaya	5	20
6	Cibaya	11	35
7	San Pedro de Camata	57	236
8	Escacha	45	115
9	San Cristóbal Torata	31	133
10	Santa Rosa de Para	21	50
11	Sacohaya	97	300
12	Tomohaya	108	243
13	San Miguel	52	153
14	San Miguel Pueblo Viejo	7	13
15	Quisachata	45	136
16	Carmen Chaclaya	35	115
17	La Junta	18	66
18	Huatagua	53	166
19	Huarina	58	176
20	Matalaque	Suspendido	
21	Yalahua	100	278
22	Anascapa	128	287
23	Querapi	45	154
24	Ubinas	229	679
	Total	1.216	3.559

Tabla 1.3
Población pecuaria de la provincia General Sánchez Cerro (se tienen en total cerca de 150 mil animales)

Distrito Político	Vacunos	Ovinos	Alpacas	Llamas	Equinos	Total
Ubinas	2.746	7.966	20.215	9.882	2.708	43.517
Matalaque	948	759	525	265	276	2.773
Yunga	514	1.498	2.528	170	164	4.874
Lloque	581	2.460	4.215	1.112	287	8.655
Chojata	1.969	4.580	6.377	2.107	509	15.542
Puquina	3.973	2.852	1.300	2.142	806	11.073
Ichuña	1.934	18.425	24.171	11.800	648	56.978
La Capilla	1.085	520	0	0	242	1.847
Omate	744	832	0	0	104	1.680
Coalque	1.035	1.334	80	36	94	2.579
Quinitaquillas	186	99	0	0	23	308
Total	15.715	41.325	59.411	27.514	5.861	149.826

Fuente: Oficina Agraria de la provincia General Sánchez Cerro.

Fecha: 03 de mayo 2006.



Figura 1.14 En primer plano, pueblo de Ubinas, situado a 6 km del volcán del mismo nombre. Al inicio del proceso eruptivo, tuvo una población aproximada de 679 personas.



Figura 1.15 Pueblo de Tonohaya, emplazado en la margen derecha del río Ubinas, a menos de 30 m de altura del cauce de dicho río. Al inicio del proceso eruptivo, tuvo una población aproximada de 243 personas.



Figura 1.16 En el extremo izquierdo, el pueblo de San Miguel, y a la derecha, San Miguel Pueblo Viejo, situados en las márgenes izquierda y derecha del río Ubinas. Ambos pueblos se encuentran a 9 km al SE del cráter del volcán Ubinas y al inicio de la erupción poseían en total 166 habitantes. También pueden observarse áreas de cultivo que se desarrollan en andenes ubicados en el valle.



Figura 1.17 Centro poblado menor Querapi, el más cercano al volcán Ubinas, ubicado a menos de 4 km al SE de dicho volcán. Durante el inicio de la erupción poseía una población de 154 personas.

ACCIONES DE PREVENCIÓN EN LAS COMUNIDADES ALEDAÑAS AL VOLCAN UBINAS ANTES DEL INICIO DEL PROCESO ERUPTIVO

Agustín Gonzales¹, Roxana Amache¹, Gilberto Romero¹

¹Centro de Estudios y Prevención de Desastres

En el 2003 y parte de 2004, la ONG PREDES ejecutó el proyecto DIPECHO, sobre prevención sísmica en la provincia de Mariscal Nieto. Posteriormente, durante los años 2004 y 2005, esta ONG ejecutó otro proyecto, DIPECHO III: Prevención ante heladas y sequías en los distritos de Ubinas, Lloque, Chojata y San Juan de Tarucani. En el marco de dichos proyectos, se desarrollaron acciones de prevención y preparación, que se citan a continuación:

- Organización del Comité Distrital de Defensa Civil de Ubinas y los comités comunales de Querapi, Anascapa, Tonohaya, San Miguel y Huatagua.
- Diagnóstico de riesgos del distrito de Ubinas, en el que se identifica la amenaza volcánica existente (figura 1.18).
- Formulación del Plan de Prevención y Operaciones de

Emergencia, en este último se coloca el escenario de riesgo asociado a la actividad volcánica. Para lo cual se desarrollaron las siguientes acciones:

- Conocer de cerca el peligro volcánico, para ello se le acompañó en una de sus misiones al volcán Ubinas al Dr. Orlando Macedo del IGP. Se determinó la necesidad de monitorear al volcán y se decidió la construcción de una caseta para monitoreo volcánico.
- Se construyeron galpones para que los ganaderos protegieran su alfalfa ante las bajas temperaturas o caída de cenizas.
- Sensibilización y capacitación a los comités comunales, a la población ante los diferentes peligros, incluido el volcánico. Capacitación a docentes y formulación de planes escolares de emergencia en las instituciones educativas.
- Equipamiento con chalecos y otros materiales al Comité de Defensa Civil.
- Se integró al distrito de Ubinas a la Red de Comunicaciones de Emergencias y Desastre Regional (REDCOM). Para ello, se fortaleció con equipos de radio y capacitación a los operadores de radio en coordinación con otros distritos.

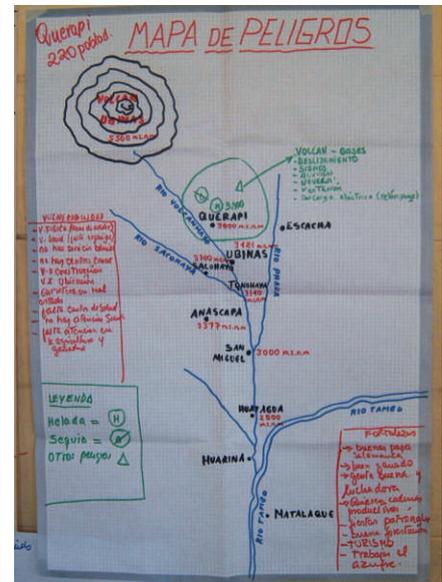


Figura 1.18 A Elaboración del diagnóstico de riesgo en el distrito de Ubinas. Los pobladores identificaron el peligro que representa el volcán Ubinas para los pueblos aledaños. B: Detalle del mapa de ubicación del volcán Ubinas en relación a las poblaciones y ríos más importantes.

d) Con el apoyo del Banco Mundial y la asesoría de PREDES, se realizó el fortalecimiento de capacidades en el 2005 en el distrito de Ubinas. Se desarrollaron las siguientes actividades:

- Fortalecimiento a los comités comunales de Defensa Civil y organización de JOVOS en las comunidades, así como en

las instituciones educativas, incluida la capacitación a los alumnos y docentes.

- Concursos de dibujo en las instituciones educativas del distrito y comunidades en alusión al peligro volcánico (figura 1.19). Se constató que los alumnos, los docentes y

las familias estaban sensibilizados con el tema del riesgo volcánico y conocían acciones a tomar en cuenta para la ejecución de la evacuación en caso de crisis volcánica.

- Se prepararon materiales como spots radiales, afiches, banderolas, folletos (figuras 1.20 y 1.21). Junto a los comités comunales de Defensa Civil, se ejecutó la campaña de difusión y preparación.

- Simulacro de evacuación ante erupción volcánica, realizado el 22 de septiembre de 2005 en coordinación con el Comité Regional de Defensa Civil de Moquegua (figura 1.21). En este simulacro se evaluó la capacidad de respuesta de los comités de Defensa Civil y del Sistema de Alerta Temprana implementado.



Figura 1.19 Concurso de dibujo con escolares del pueblo de Ubinas.

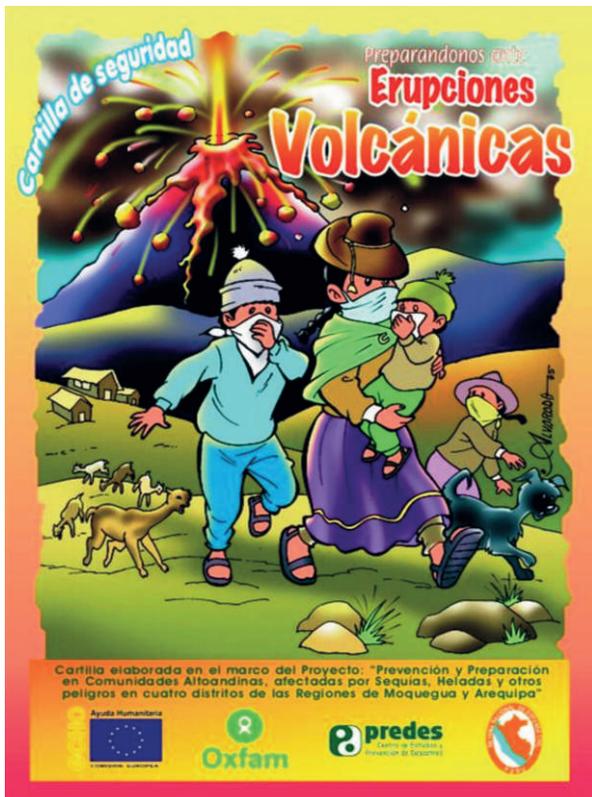


Figura 1.20 Afiche sobre la gestión del riesgo volcánico.



Figura 1.21 Afiche sobre el simulacro de evacuación, realizado el 22 de septiembre de 2005 en el pueblo de Ubinas.

CONFORMACIÓN DEL COMITÉ CIENTÍFICO

Jersy Mariño¹

¹ Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico

Los pobladores de Querapi, el 28 de marzo de 2006, reportaron caídas de ceniza en su localidad. Esto evidenció la carencia de un sistema de monitoreo continuo en el volcán Ubinas y la imperiosa necesidad de implementarlo. Antes de dicha fecha, varias instituciones, entre ellas el IGP y el INGEMMET, solo desarrollaron trabajos temporales.

El 31 de marzo de 2006, representantes del INGEMMET, el IGP, la UNSA, el INDECI, el CRDC-Moquegua y la Municipalidad Distrital de Ubinas realizaron una inspección de campo al volcán Ubinas. Este trabajo permitió corroborar que, efectivamente, dicho volcán había entrado en una nueva fase eruptiva.

Ante la confirmación del inicio de la crisis eruptiva, el 5 de abril se produjo la primera reunión de trabajo en los ambientes del INDECI Arequipa, entre representantes de las instituciones mencionadas anteriormente. En esta reunión, los representantes de las instituciones científicas acordaron implementar un programa de monitoreo interdisciplinario: geológico (INGEMMET), sísmico (IGP-IG, UNSA), deformación y

gravimetría (IGP), geoquímica (INGEMMET), como puede verse en el Comunicado N° 1, del 5 de abril de 2006.

Posteriormente, el INDECI oficializa, mediante la resolución N° 3768-2006-INDECI/11.0, la creación de la Comisión de Ciencia y Tecnología AdHoc ante el incremento de la actividad del volcán Ubinas, que es integrada por el INGEMMET, el IGP y el IG-UNSA. Esta comisión tiene dos objetivos centrales:

- Implementar el monitoreo continuo e interdisciplinario del volcán Ubinas, con la finalidad de conocer el estado y la evolución del proceso eruptivo.
- Emitir comunicados colegiados, donde se dé cuenta sobre el estado del proceso eruptivo y se emitan recomendaciones a las autoridades y a la población, a fin de evitar ocurra un desastre.

Durante los años 2006, 2007, 2008 y 2009, la Comisión de Ciencia y Tecnología AdHoc ha emitido 23 comunicados colegiados (ver anexo), donde se reporta la evolución de la actividad eruptiva del volcán Ubinas, los efectos ambientales que este proceso genera, y se brindan recomendaciones a las autoridades y la población para una adecuada gestión de la crisis. Dichos comunicados se enviaron vía correo electrónico, fax y se hallan también en la página web del INGEMMET (www.ingemmet.gob.pe).

CAPÍTULO II

EVALUACIÓN DE PELIGROS Y MAPA DE PELIGROS DEL VOLCÁN UBINAS

Jersy Mariño¹, Marco Rivera¹, Jean Claude Thouret², Lourdes Cacya¹

¹ Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico; ² Université Blaise Pascal de Clermont Ferrand II, Francia

Debido a la reactivación del volcán Ubinas, el INGEMMET tomó la decisión de elaborar el mapa de peligros de dicho volcán (Mariño *et al.*, 2008). La evaluación de peligros y el mapa en referencia fueron realizados conjuntamente con vulcanólogos del INGEMMET, el IRD y la Universidad Blaise Pascal, Clermont-Ferrand, Francia (UBP). Dichos trabajos se efectuaron entre abril y mayo de 2006.

Los datos para la evaluación del peligro volcánico y la elaboración del mapa respectivo están basados en los mapas temáticos de peligros volcánicos y en la información geológica y volcanológica disponible, elaborados por Rivera (1998), Thouret *et al.* (2005), y Simkim y Siebert (1994).

El mapa de peligros fue elaborado con el objeto de ser utilizado en la gestión de la crisis volcánica por las autoridades de Defensa Civil, los gobiernos regionales de Arequipa y Moquegua, la municipalidades distritales, instituciones educativas y la población en general que vive en las inmediaciones del volcán Ubinas. Este mapa tiene dos propósitos primarios: (1) determinar qué áreas deben ser evacuadas ante una inminente erupción, y (2) planear a mediano plazo el uso adecuado de las tierras alrededor del volcán que podrían ser afectadas por futuras erupciones.

EVALUACIÓN DE PELIGROS VOLCÁNICOS

El volcán Ubinas ha mostrado varios tipos de actividad a lo largo de su historia eruptiva, que van desde erupciones de gran magnitud (subplinianas y plinianas) a erupciones de menor magnitud (vulcanianas). Como ejemplos de erupciones grandes podemos señalar las ocurridas hace 7480 ± 40 años B.P. y 980 ± 60 años B.P. En esta última erupción, el Ubinas emplazó alrededor de $2,8 \text{ km}^3$ de pómez y ceniza. Esta última fue dispersada a más de 40 km al sureste del volcán (Rivera, 1998; Thouret *et al.*, 2005). Durante la época histórica, el Ubinas presentó erupciones de magnitud baja a moderada, con un IEV de 1 a 3. En estas erupciones se produjeron principalmente explosiones que emitieron cantidades considerables de material volcánico que se depositó en forma de caída de ceniza y que afectó al valle de Ubinas; y eventualmente flujos piroclásticos de escoria y ceniza de corto alcance, como los ocurridos en 1667.

Por otro lado, la erupción de 2006-2008 se ha catalogado como de magnitud baja a moderada y se ha caracterizado por la ocurrencia de explosiones violentas de carácter vulcaniano, con la expulsión de ceniza y bloques o bombas volcánicas. Durante el periodo de mayor actividad, registrado entre abril y agosto de 2006, se produjeron caídas de ceniza que afectaron principalmente las áreas situadas dentro de un radio de 10 a 15 km del cráter. Las imágenes GOES muestran que las plumas de mayor extensión se extendieron entre 30 y 100 km de distancia (figuras 3.18, 3.20 y 3.23). Asimismo, durante las explosiones más importantes, los proyectiles balísticos alcanzaron entre 1800 y 2000 m de distancia del cráter (figura 4.5).

En base a la composición química de los productos emitidos por el volcán en los últimos 500 años, las características de sus erupciones en dicho intervalo, así como por la composición química del magma actual (andesítico con 56,7 a 57,6 % SiO_2) (figura 4.9), se argumenta que la actual erupción tendrá una magnitud baja a moderada, es decir, se esperan erupciones que alcancen un IEV de 1 a 3. En tal caso la columna eruptiva puede alcanzar entre 6 y 15 km de altura, produciendo caídas de ceniza y probablemente flujos piroclásticos.

Adicionalmente, no se puede descartar la ocurrencia de un colapso del flanco sur del volcán, que emplazaría importantes depósitos de avalancha 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, las vías de acceso y los terrenos de cultivos, causando graves daños.

A continuación se describen detalladamente los principales peligros que presenta o puede presentar el volcán Ubinas en el presente proceso eruptivo:

a) Caída de ceniza y escoria

Las caídas de ceniza y escoria se generan durante una erupción explosiva, cuando el magma es fragmentado e inyectado en la atmósfera, formando una columna eruptiva que puede alcanzar varios kilómetros de altura y que, por acción de los vientos, son llevados a grandes distancias del volcán para luego caer sobre

la superficie terrestre. Los fragmentos más grandes y densos caen cerca del volcán y se denominan bombas o bloques (>64 mm), mientras que las partículas de menor tamaño, denominadas lapilli (2-64 mm) y ceniza (<2 mm) son llevadas por el viento a grandes distancias para luego caer y formar una capa de varios mm o cm de espesor. Estas partículas pueden causar problemas de salud en las personas, contaminar fuentes de agua, colapsar los techos por el peso acumulado, afectar cultivos e interrumpir el tráfico aéreo.

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. Las cenizas pueden ser dispersadas a más de 100 km de distancia alrededor del volcán, influenciadas por la dirección del viento predominante en esta zona (figuras 3.18 y 3.23).

b) Flujos piroclásticos

Los flujos piroclásticos son masas calientes (300°C a 800°C) conformadas por una mezcla de ceniza, escoria, fragmentos de roca y gases. Estos flujos descienden por los flancos del volcán a grandes velocidades (entre 200 y 300 m/s). Poseen normalmente una parte inferior densa, que se encauza y desplaza por el fondo de las quebradas o valles; y otra superior, menos densa, denominada oleada piroclástica, compuesta por una nube turbulenta de gases y ceniza, que con facilidad sale del valle, sobrepasa relieves importantes y afecta a un área mayor.

Estos productos pueden ser generados durante erupciones explosivas moderadas a grandes (IEV > 2), 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. En base a las estimaciones realizadas por Rivera (1998), para el caso de erupciones vulcanianas estos flujos pueden recorrer distancias mayores a 6 km en la dirección del valle de Ubinas.

c) Flujos de barro (huaicos o lahares)

Los flujos de barro son mezclas de partículas volcánicas de tamaños diversos movilizadas por el agua, que fluyen rápidamente (20-60 km/h) por los valles que descienden de un volcán. Se generan en periodos de erupción o de tranquilidad volcánica. 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, así como también pueden originarse por la ocurrencia de lluvias intensas, que se producen generalmente entre los meses de enero y marzo. Estos flujos viajan a lo largo de quebradas o ríos y eventualmente pueden salir de estos cauces. El área afectada depende del volumen de agua y de materiales sueltos disponibles,

así como de la pendiente y topografía. Normalmente destruyen todo a su paso y pueden alcanzar grandes distancias (>200 km).

Los flujos de barro pueden bajar por las quebradas y valles que drenan del volcán Ubinas, y tomarían entre 20 y 40 minutos para descender hacia los valles de los ríos Ubinas y Para, ocasionando daños en ambas márgenes. En lo que respecta al proceso eruptivo, presentado entre los años 2006 y 2008, se han generado lahares de poco volumen: el más importante ocurrió el 17 de enero de 2007; este evento afectó áreas pequeñas, restringidas al cauce del río Ubinas.

d) Avalanchas de escombros

Las avalanchas de escombros son deslizamientos súbitos de una parte voluminosa de los edificios volcánicos. Se originan debido a factores de inestabilidad, tales como la elevada pendiente del volcán, presencia de fallas geológicas, movimientos sísmicos fuertes de carácter regional y explosiones volcánicas. Las avalanchas de escombros ocurren con poca frecuencia y pueden alcanzar decenas de kilómetros de distancia. Bajan a gran velocidad y destruyen todo lo que encuentran a su paso.

Durante una erupción explosiva (vulcaniana o pliniana), el magma puede acumularse en el interior del edificio y generar el colapso del flanco sur del volcán Ubinas (figura 2.1), el cual ya ha mostrado en el pasado eventos de este tipo, y presenta actualmente evidencias de desestabilización, asociados con una fuerte pendiente y numerosas fracturas. El derrumbe originaría una avalancha de escombros, que se desplazaría por las quebradas Volcanmayo, Sacuaya y Chillón con dirección al río Ubinas y Tambo. La avalancha alcanzaría una distancia mínima de 10 km, destruyendo poblados y terrenos de cultivos.

e) Flujos y domos de lava

Son corrientes de roca fundida, que son expulsadas por el cráter o fracturas en los flancos del volcán. Pueden fluir por el fondo de los valles y alcanzar varios kilómetros; pero en el caso del volcán Ubinas, normalmente se detienen en la zona del cráter (domos) o recorren escasos kilómetros (figura 2.2). Los flujos de lava destruyen todo a su paso, sin embargo, no representan un peligro importante para las personas debido a su baja velocidad.

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. Dado el tipo de actividad que viene experimentado el Ubinas durante los últimos cientos de años, la probabilidad de que se produzca una erupción efusiva es pequeña.



Figura 2.1 Depósitos de avalanchas de escombros emplazados en el sector de Querapi, debido al colapso del flanco sur del volcán Ubinas. El flanco sur posee una elevada pendiente ($> 50^\circ$), así como rocas bastante fracturadas e hidrotermalizadas.



Figura 2.2 Depósitos de flujos de lavas en el flanco SO del volcán Ubinas. Los flujos de lava poseen corto recorrido, alcanzaron a lo sumo entre 4 y 5 km de distancia del cráter.

f) Gases volcánicos

Durante las erupciones volcánicas se produce una importante liberación de gases, principalmente vapor de agua; pero también dióxido de carbono, dióxido de azufre, ácido clorhídrico, monóxido de carbono, ácido fluorhídrico, azufre, nitrógeno, cloro y fluor. Estos gases se diluyen y dispersan rápidamente, sin embargo, pueden alcanzar concentraciones altas en las zonas bajas o depresiones muy cercanas al volcán, donde pueden generar intoxicación y muerte de personas y animales. Los gases también pueden condensarse y adherirse a partículas de ceniza, así como reaccionar con las gotas de

agua y provocar lluvias ácidas que generan corrosión, daños en los cultivos, así como contaminación de aguas y suelos.

El poblado más vulnerable a los gases volcánicos es Querapi, ya que se halla a solo 4 km del cráter del volcán Ubinas y muy cerca al flanco sureste del edificio volcánico (figura 2.3). Las lluvias ácidas provocarían la contaminación de las aguas de los ríos Sacoaya, Ubinas y Para, que son las principales fuentes de agua para consumo humano, de los animales y la actividad agrícola. Este proceso podría ocurrir principalmente en la temporada de lluvias, durante los meses de enero, febrero y marzo.



Figura 2.3 Emisión de gases volcánicos, registrada el 30 de abril de 2006. Están constituidos principalmente por vapor de agua, CO_2 , SO_2 , entre otros.

MAPA DE PELIGROS DEL VOLCÁN UBINAS

El *Mapa de Peligros del Volcán Ubinas* (Mariño *et al.*, 2006; Mariño *et al.*, 2008) fue elaborado para un escenario eruptivo moderado, de tipo vulcaniano (figura 2.4). Se optó por este tipo de mapa, debido a la actividad mostrada por el volcán Ubinas en los últimos 500 años, que fue baja a moderada. También la composición química del magma actual es similar al de los últimos 500 años, por lo que las probabilidades de una erupción explosiva de gran magnitud es baja.

Este mapa muestra las zonas que serían afectadas por un evento explosivo de tipo vulcaniano (IEV 2-3) que produzca flujos de escoria (tipo Saint Vincent). La distribución del material

piroclástico está basada en la erupción de 1988-1998 del volcán Nevado Sabancaya. Mientras que el alcance y las trayectorias de los flujos piroclásticos están basados en el mapeo de los depósitos que emitió anteriormente el Ubinas en 1667 d.C. (Rivera, 1998; Thouret *et al.*, 2005).

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. El mapa muestra zonas que podrían ser afectadas por una actividad eruptiva del volcán que tenga como foco de emisión el cráter actual del Ubinas. 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 (figura 2.4). A continuación se describen las tres zonas de peligros:

a) Zona de alto peligro

La zona de alto peligro es de color rojo. Puede ser severamente afectada por caídas o lluvias de cenizas y escoria de varios centímetros a decímetros de espesor, por nubes incandescentes o flujos piroclásticos de escoria y/o ceniza, por gases volcánicos de alta concentración, flujos de lodo o huaicos, avalanchas de escombros y, eventualmente, flujos de lava (figura 2.4). En cualquier tipo de erupción esta área será la más afectada, inclusive las de baja magnitud, como las ocurridas entre los años 1550 y 1969 (IEV 1-3).

b) Zona de moderado peligro

Esta zona es de color anaranjado. Puede ser moderadamente afectada por nubes incandescentes o flujos piroclásticos de escoria y/o ceniza, flujos de lodo o huaicos, avalanchas de escombros y por moderadas caídas de cenizas y escoria de algunos milímetros a centímetros de espesor (figura 2.4).

c) Zona de bajo peligro

En el mapa, esta zona es de color amarillo. Puede ser afectada básicamente por caídas de cenizas en función a la dirección del viento (figura 2.4). En el mapa, también se muestra una zona de color lila, la cual es la zona de la caldera del volcán.

CAPÍTULO III

MONITOREO VOLCÁNICO DE LA CRISIS ERUPTIVA DEL VOLCÁN UBINAS, PERIODO 2006-2008

El objetivo principal del monitoreo volcánico es conocer **cuándo** un volcán puede entrar en proceso eruptivo y de esta manera emitir una alerta temprana a la sociedad que puede ser afectada por dicha erupción. Esto permitirá que la sociedad, instituciones y empresas en riesgo elaboren con antelación planes de evacuación y se reduzca el impacto negativo de una erupción. Al iniciar un proceso eruptivo, un volcán presenta cambios físicos y químicos de su sistema de alimentación magmático. Estos cambios incluyen la presencia de sismicidad asociada al fracturamiento y a la circulación de fluidos magmáticos, deformación de los flancos del volcán, y variaciones de las concentraciones de gases y fuentes termales. Utilizando métodos de monitoreo sísmico, geoquímico, geodésico y visual, debidamente instrumentados de manera continua y permanente, estos cambios registrados y analizados pueden ayudar a emitir las alertas tempranas correspondientes.

A pocos días de iniciada la erupción, las instituciones integrantes de la Comisión de Ciencia y Tecnología AdHoc ante el incremento de la actividad del volcán Ubinas, integrada por el INGEMMET, el IGP y el IG-UNSA, acordaron implementar sistemas de monitoreo interdisciplinario en el volcán Ubinas. Los resultados de los trabajos de monitoreo se presentan en los siguientes acápite.

MONITOREO VISUAL (FENOMENOLOGÍA)

Yanet Antayhua¹, Jersy Mariño¹, Pablo Masías¹, Marco Rivera¹, Vicentina Cruz¹, Melquiades Álvarez², Moisés López², Joaquín Álvarez²

¹ Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico

² Municipalidad Distrital de Ubinas

El monitoreo de la fenomenología diaria del volcán Ubinas se inició el 17 de septiembre de 2005, con la observación de la altura de las fumarolas, y estuvo a cargo de un poblador de la localidad de Ubinas, el cual fue debidamente capacitado para cumplir con esta importante actividad. Luego de iniciada la crisis eruptiva, el INGEMMET, en colaboración con la Municipalidad Distrital de Ubinas, implementó un monitoreo visual continuo desde abril de 2006. Para ello, este instituto instaló un campamento base ubicado a 4 km en dirección suroeste del cráter del volcán (2891705 E, 8187620 N, 4660 msnm) (figura 3.1). Posteriormente, en diciembre de 2006, el campamento base fue trasladado a uno de los ambientes de la Municipalidad de Sacohaya, ubicado a 7 km en dirección sur del volcán, debido a las difíciles condiciones climáticas presentadas en el campamento base inicial. Finalmente, en enero de 2008, el campamento fue reubicado a la localidad de Ubinas.



Figura 3.1 Campamento base del INGEMMET desde donde se efectuó el monitoreo visual, así como otros trabajos geológicos y de monitoreo, entre abril y noviembre del año 2006.

Metodología del monitoreo visual

Desde los puntos de observación, el observador realizó el registro visual diario, considerando los siguientes parámetros: fecha y hora de inicio de las emisiones, altura, color, densidad, forma

y dirección de desplazamiento de la columna eruptiva o pluma volcánica, una breve descripción de las explosiones, además de un registro fotográfico de los eventos más importantes (figura 3.2). La medición de la altura de las fumarolas se realizó tomando un punto de referencia del estratovolcán Ubinas (figura 3.3).



Figura 3.2 Parámetros de referencia considerados en el monitoreo visual del volcán Ubinas.

Posteriormente, esta información fue transmitida mediante un teléfono satelital (figura 3.4) a la oficina del INGEMMET en Arequipa, donde se actualiza la base de datos diariamente. Cabe señalar que la hora y número de las explosiones fueron corregidas con la información divulgada y publicada en la página web del Instituto Geofísico del Perú (http://www.igp.gob.pe/ubinas/index_ubina.html)

desde el 24 de mayo de 2006. Evidentemente, algunas explosiones registradas por el IGP no fueron registradas por el observador encargado del monitoreo visual, debido a que algunas de ellas ocurrieron en horas de la noche y otros, por su baja magnitud, no fueron sentidos y solamente fueron registrados instrumentalmente.

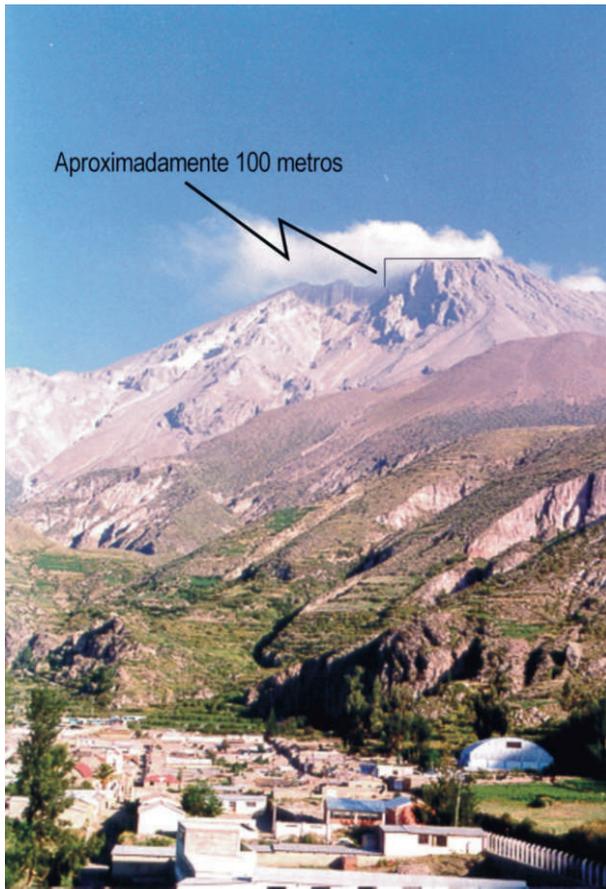


Figura 3.3 Foto del volcán Ubinas y localidad de Ubinas. Se muestra también la escala aproximada utilizada para medir la altura de las fumarolas (tomado de Mariño *et al.*, 2006).

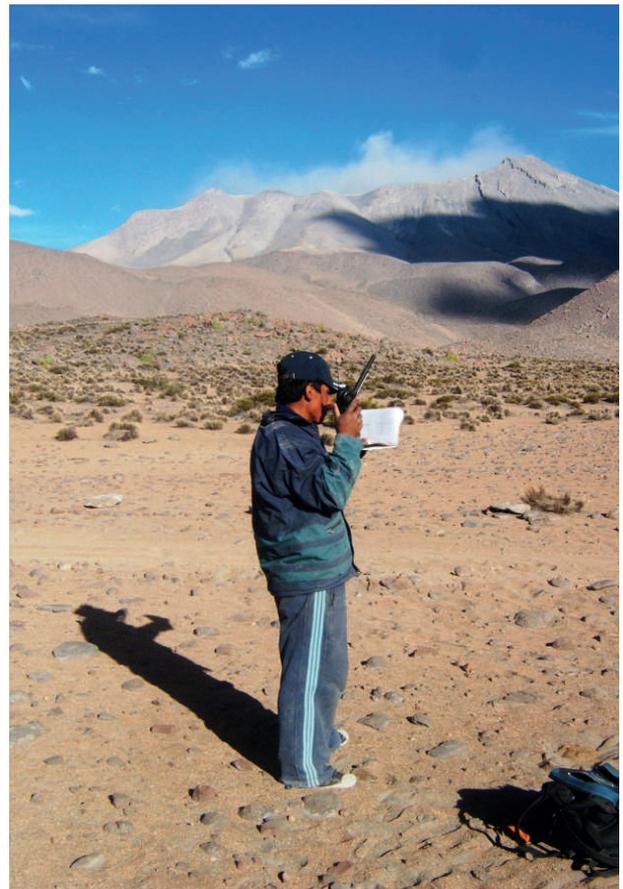


Figura 3.4 Foto del observador haciendo el reporte del monitoreo visual a la oficina del INGEMMET en Arequipa mediante un teléfono satelital.

Luego de recopilada y actualizada la base de datos, se procedió a su divulgación en la página web del INGEMMET (<http://www.ingemmet.gob.pe/webubinas/01-vigilancia.htm>). La figura 3.5

muestra un ejemplo de la información publicada y corresponde a los primeros quince días de abril de 2006.

http://www.ingemmet.gob.pe/informacion/fenomenologia_abril_2006.pdf

1 / 1 94.3% Find

REPORTE FENOMENOLOGICO MES DE ABRIL, 2006							
Fecha	Hora	Altura (m)	Dirección	Color	Densidad	Explosión	Descripción
01-04-06	6:00	100	S	gris	-	-	Emisión fumarólica de color gris, con 100 m de altura y se dispersa con dirección al S.
	0:00						Se sintió una explosión en el volcán.
02-04-06	7:00	150	O	gris	densa		Emisión fumarólica densa de color blanco, con 150 m de altura se dispersó con dirección al OESTE.
03-04-06	6:00	100	N	gris	densa		Emisión de una columna fumarólica densa de color gris con 100m de altura y se dispersa con dirección al N.
04-04-06	5:00	100	S	gris	densa		Emisión de una columna fumarólica densa de color gris con 100m de altura y se dispersa con dirección al S.
	4:00						Se registro olor a azufre en la zona.
05-04-06	6:00	200	O	gris	densa		Emisión de una columna fumarólica densa de color gris con 200 m de alto y se dispersa hacia el O. continua el olor a azufre.
06-04-06	6:00	300	O	gris	densa		Emisión de una columna fumarólica densa de color gris con 300 m de alto y se dispersa hacia el O.
07-04-06	6:00	150	O	blanco	densa		Emisión de una columna fumarólica densa de color blanco con 150 m de alto y se dispersa hacia el O.
08-04-06	17:00	250	N	gris	densa		Emisión de una columna fumarólica densa de color gris oscuro de 250 m de alto y se dispersa hacia el N.
09-04-06	5:00	350	N	gris	densa		Emisión de una columna fumarólica densa de color gris con 350 m de alto y se dispersa con dirección al N.
10-04-06	7:00	150	N	gris	rala		Emisión de una columna fumarólica rala de color gris con 150 m de alto y se dispersa hacia el N.
11-04-06	7:00	100	O	gris	densa		Emisión de una columna fumarólica densa de color gris con 100 m de alto y se dispersa hacia el O.
12-04-06	17:00	150	O	gris	densa		Emisión de una columna fumarólica densa de color gris oscuro con 150 m de alto y se dispersa hacia el O.
	23:00						Explosión fuerte
13-04-06	18:00	300	N	gris oscuro	densa		Emisión de una columna fumarólica densa de color gris oscuro con 300 m de alto y se dispersa hacia al N.
	5:00						Se registro olor a azufre.
14-04-06	6:25	800	S	gris oscuro	densa		Emisión de una columna fumarólica densa de color gris oscuro con 800 m de alto y se dispersa hacia al S.
	13:15						Caída de cenizas en forma de barro olor a azufre.
15-04-06	7:30	1000	S	gris oscuro	densa		Emisión de una columna fumarólica densa de color gris oscuro con 1000 m de alto y se dispersa hacia el S.

Figura 3.5 Ejemplo de la base de datos del monitoreo visual y su respectiva publicación en la página web de INGEMMET, correspondiente a los primeros 15 días de abril de 2006.

Monitoreo visual de septiembre a diciembre de 2005

Con la información proporcionada por el observador, Cruz (2006) describió que entre septiembre y diciembre de 2005, las fumarolas emitidas por el volcán Ubinas presentaron un color gris claro, y alcanzaron alturas de hasta 200 m por encima de la cumbre. Asimismo, Mariño *et al.* (2006) mencionan que las observaciones realizadas en el mes de noviembre de dicho año

desde el volcán Misti, las fumarolas del Ubinas se elevaban entre 200 y 400 m por encima del borde de la caldera (figura 3.6).

En la figura 3.7, se puede observar que durante este periodo de monitoreo, no se reportaron ocurrencias de explosiones. Las fumarolas emitidas fueron de color gris claro a blanquecino, y alcanzaron normalmente menos de 400 m de altura sobre la caldera, desplazándose preferentemente en dirección norte (55%) y oeste (35%), tal como se observa en la figura 3.8 (Cruz, 2006).



Figura 3.6 Fumarola del volcán Ubinas, de aproximadamente 400 m de altura. La foto fue tomada en noviembre de 2005, desde el volcán Misti, situado a 50 km de distancia (tomado de Mariño *et al.*, 2006).

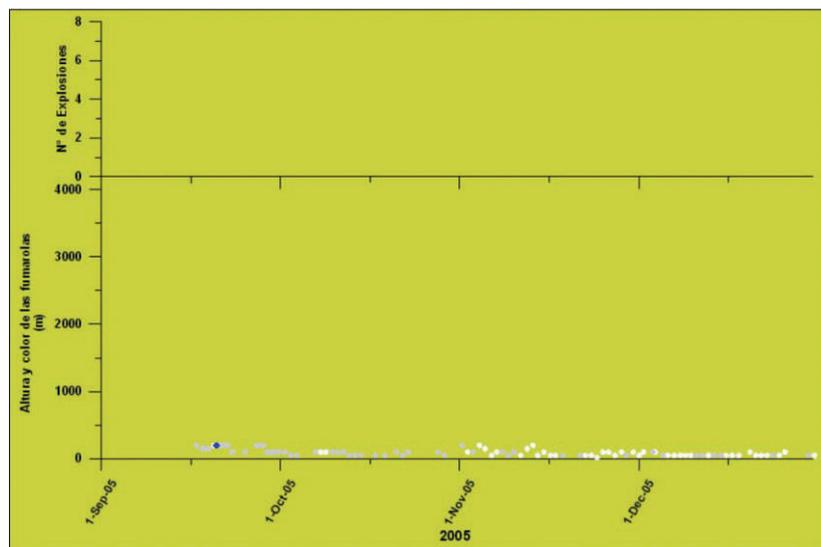


Figura 3.7 Gráfica de altura y coloración de las fumarolas correspondiente al periodo septiembre a diciembre de 2005. No se reportó explosiones en este periodo.

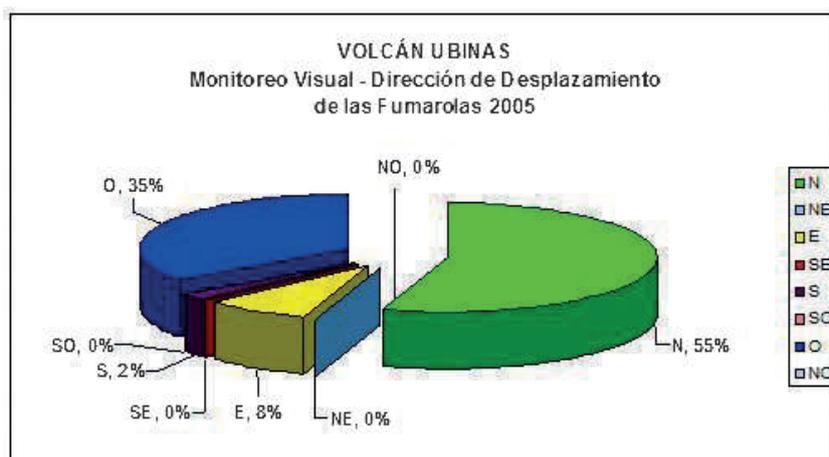


Figura 3.8 Direcciones de desplazamientos preferentes de las fumarolas de septiembre a diciembre de 2005 (modificado de Cruz, 2006). Las fumarolas fueron desplazadas por el viento principalmente en direcciones norte y oeste, en menor medida hacia el este.

Monitoreo visual durante el año 2006

Durante los meses de enero, febrero, e inclusive el 26 de marzo de 2006, las fumarolas alcanzaron alturas por debajo de los 400 m sobre el cráter y su color se mantuvo en gris claro a blanquecino. Sin embargo, durante este periodo, las observaciones de la zona del cráter se vieron dificultadas debido a la presencia recurrente de densas neblinas. El día 27 de marzo, los pobladores reportaron caídas de ceniza en la localidad de Querapi, ubicada a 4 km al sureste del volcán. A partir de esa fecha, las emisiones de ceniza y gases fueron casi constantes hasta el 12 de abril, con columnas fumarólicas de coloración blanquecina a gris oscuro, que alcanzaron hasta 500 m sobre el cráter.

El 31 de marzo de 2006, personal del INGEMMET, el IGP, el INDECI y el Gobierno Regional de Moquegua, realizaron un

reconocimiento de campo en el cráter del volcán Ubinas y alrededores. En la caldera y flancos del volcán se observaron depósitos de caída de ceniza gris blanquecina, de menos de 1 cm de espesor (figura 3.9a). En el interior del cráter se observaron emisiones de cenizas y gases de poca densidad, provenientes de 3 vientos (figura 3.9b). En las áreas de cultivo de Querapi, las plantas mostraban restos de ceniza muy fina acumuladas entre el 27 y 31 de marzo (figura 3.9c).

El 1 y el 12 de abril de 2006 se registraron las primeras dos explosiones, las cuales ocurrieron a las 00:00 y 23:00 h, respectivamente; luego de la explosión del 12 se reportó fuerte olor a azufre. Estas explosiones lanzaron bloques al interior de la caldera del volcán. Entre el 13 y 19 de abril de 2006, las emisiones se incrementaron considerablemente hasta alcanzar alturas de hasta 1000 m, la ceniza emitida alcanzó distancias de

hasta 7 km del cráter, en la dirección del viento, orientándose preferentemente en dirección norte, sur y oeste. El día 19 de abril, personal del INGEMMET y la UNSA ascendieron al volcán y pudieron observar por primera vez un cuerpo de lava en el fondo del cráter del volcán Ubinas. Este poseía 60 m de diámetro aproximadamente (Mariño *et al.*, 2006) (figura 3.10).

El 20 de abril de 2006, ocurre una explosión a las 11:00 h. La columna eruptiva alcanzó hasta 3000 m de altura, la ceniza emitida fue de color gris oscuro y se dispersó en dirección norte del volcán (figura 3.11). La Corporación de Aviación Comercial (CORPAC), reportó presencia de ceniza en el área del aeropuerto de Arequipa el día 21 de abril, y también una pluma de cenizas fue vista en el área de los volcanes Chachani, Misti y Pichu Pichu, ubicados a más de 60 km del cráter del volcán

Ubinas. Las emisiones de ceniza y gases continuaron durante los siguientes días, la altura de la columna fue menor a los 2000 m, un ejemplo de ello es mostrado en la foto del día 22 de abril (figura 3.12), día en que las emisiones de ceniza se mantuvieron constantes desde las 07:15 hasta las 16:00 h. Ha sido una de las más prolongadas registradas hasta ese día.

El 27 de abril de 2006, se produjo otra explosión moderada a las 18:30 h, con emisión de bloques incandescentes que alcanzó 400 m de altura sobre el cráter y alarmó a los pobladores del valle de Ubinas. Desde entonces, la actividad volcánica se incrementó considerablemente. Los días 28 y 29 a las 18:52 y 17:10 h, respectivamente, se produjeron explosiones leves. Luego de la explosión del día 29, la columna de cenizas y gases alcanzó una altura de 1500 m sobre el cráter.



Figura 3.9 Fotografías tomadas el día 31 de marzo de 2006: (a) caldera del volcán Ubinas, cubierto por cenizas de color blanquecino; (b) emisiones de cenizas y gases de poca densidad, provenientes de 3 ventos; (c) plantaciones de alfalfa cubiertos por restos de ceniza muy fina, ubicadas a 4 km al sureste del cráter del volcán Ubinas.



Figura 3.10 Foto del cuerpo de lava observada en el fondo del cráter del volcán Ubinas el día 19 de abril de 2006.



Figura 3.11 Columna eruptiva de ceniza y gases (columna vertical) formada después de la explosión del día 20 de abril a las 11:00 h.



Figura 3.12 Emisión de ceniza y gases del volcán Ubinas, registrada el 22 de abril de 2006 a las 14:10 h.

Posteriormente, el día 4 de mayo de 2006, una nueva explosión moderada a fuerte fue sentida a las 00:00 h, con expulsión de bloques incandescentes alrededor del cráter del volcán. Otra explosión leve se produjo el 5 de mayo a las 09:30 h; originó columnas eruptivas de hasta 2000 m. Las horas y días siguientes a la explosión (4 y 5 de mayo) se presentaron emisiones de ceniza y gases con fuerte olor a azufre, algunas veces acompañadas de ruido. A las 20:55 h del 7 de mayo de 2006, ocurre una nueva explosión moderada a fuerte acompañada de ruido, y emisiones de proyectiles balísticos que llegaron hasta una distancia de 1,7 km del cráter. Luego de la explosión

la columna eruptiva alcanzó una altura de 4000 m, una de las más altas registrada hasta ese día (figuras 3.13 y 3.14). Los días 8, 12, 14 y 16 de mayo se registraron 4 explosiones a las 0:48, 9:30, 16:48 y 9:27 h, respectivamente. Durante estos días, las emisiones de ceniza y gases fueron casi constantes, pero la columna eruptiva no sobrepasó los 1500 m de altura sobre el cráter.

El 20 a las 04:10 h se produjo una explosión leve, que generó columnas de ceniza y gases de hasta 1200 m de altura sobre el cráter, con emisión continua durante 20 minutos. Posteriormente, el 22 ocurrieron dos explosiones separadas por un corto

periodo, a las 04:30 h y 04:36 h. La primera explosión expulsó proyectiles balísticos incandescentes, fue sentida y observada por los pobladores del valle de Ubinas y la columna eruptiva no sobrepasó los 800 m de altura; la segunda explosión estuvo acompañada de movimiento sísmico, emisión de proyectiles balísticos incandescentes y columnas de gases y ceniza de hasta 3000 m de altura sobre el cráter. Las evidencias de la expulsión de bombas volcánicas se muestran en la foto obtenida el 24 de mayo por personal del INGEMMET (figura 3.14).

El 23 de mayo de 2006 a las 10:40 y 21:02 h (este último en reporte del IGP) se produjeron 2 explosiones leves: la primera acompañada de sonido y alcanzó una altura de 700 m sobre el cráter; otras 4 explosiones leves ocurrieron entre los días 24 (08:15 h), 27 (15:10 h) y 28 de mayo (17:56 y 18:11 h). Luego de estas explosiones se formaron columnas de ceniza y gases que se elevaron entre 1000 y 3000 m de altura sobre el cráter.

El suceso más importante de mayo de 2006 se presentó el día 29, con la ocurrencia de 8 explosiones entre leves, moderadas y fuertes, a las 00:14, 00:52, 03:30, 06:30, 06:59, 07:29, 07:40 y 09:47 h. La explosión más resaltante ocurrió a las 00:14 h, luego del cual la altura de la columna eruptiva de gases y ceniza alcanzó los 4000 m de altura. Las explosiones ocurridas ese

día ocasionaron continuas emisiones de ceniza y gases que se dispersaron hasta 20 km al noroeste y sureste, generando caídas de ceniza en las localidades de Querapi, Ubinas, Sacohaya, Tonohaya, San Miguel y Huarina.

La actividad volcánica de los 2 días siguientes estuvo acompañada de 3 explosiones ocurridas el 30 de mayo (22:28 h, reportado por el IGP) y el 1 de junio (08:57 y 13:42 h este último según reporte del IGP), que generaron columnas eruptivas de ceniza y gases de hasta 2000 m de altura, dispersándose en dirección sureste. En la figura 3.15, se muestra la foto de la columna eruptiva de gases y ceniza del 1 de junio obtenida desde la localidad de Ubinas. Esta columna fue dispersada en dirección del valle de Ubinas.

El 2 de junio de 2006, a las 18:08 h, ocurre una nueva explosión audible en los pueblos de Querapi, Ubinas y Sacoaya, con expulsión de proyectiles balísticos durante 40 segundos, posteriormente se generaron columnas eruptivas de ceniza y gases de hasta 4000 m de altura; luego, el 3 de junio a las 14:37 h, ocurre una explosión moderada con columnas eruptivas de hasta 1800 m, dispersándose en dirección sur y sureste (figura 3.16). Los días posteriores, la actividad disminuyó paulatinamente hasta que las emisiones de cenizas y gases alcanzaron alturas menores a 500 m sobre el cráter.



Figura 3.13 Explosión moderada a fuerte ocurrida el 7 de mayo a las 20:55 h. Se pudieron observar emisiones de proyectiles balísticos incandescentes (tomado de Clegg, 2006).



Figura 3.14 Bomba volcánica de 2 m de diámetro, eyectado a 200 m del cráter durante las explosiones ocurridas el 22 de mayo de 2006. El cráter de impacto posee más de 7 m de diámetro y 3 m de profundidad.



Figura 3.15 Columna eruptiva de gases y cenizas del 1 de junio de 2006, registrado desde el pueblo de Ubinas. Las cenizas alcanzaron más de 1000 m de altura, fueron dispersadas en dirección sureste y cayeron sobre los pueblos del valle de Ubinas.



Figura 3.16 Emisión de gases y cenizas del 3 de junio de 2006. Las cenizas fueron dispersadas en dirección sur y sureste, y cayeron sobre los pueblos del valle de Ubinas.

El 8 de junio de 2006, dos explosiones leves (08:15 y 11:34 h) fueron reportadas; estas estuvieron acompañadas de emisiones de ceniza y gases. Luego de 5 días, el 13 de junio a la 01:46 h, se produjo una nueva explosión, la cual fue catalogada como moderada a fuerte y generó emisiones de ceniza y gases que alcanzaron 1000 m de altura, desplazándose en dirección noreste, hasta 8 a 10 km de distancia. La actividad volcánica del Ubinas presentó un ligero incremento entre el 18 y 30 de junio, con la ocurrencia de explosiones leves, moderadas y fuertes, los días 18 (01:07 y 05:54 h), 23 (02:21, 21:59 y 22:00 h), 24 (03:15 y 07:54 h), 26 (01:13 h), 27 (04:36 h, según reporte del IGP), 29 (04:23 h) y 30 (04:20 h) de junio, con expulsión de rocas incandescentes y con movimiento sísmico. La altura de las columnas eruptivas de ceniza y gases alcanzaron alturas entre 1000 y 3800 m sobre el cráter (figura 3.17). Estas columnas se dispersaron en dirección suroeste, sureste y noreste, y alcanzaron distancias de 16 a 17 km aproximadamente. La figura 3.18 muestra el desplazamiento de la columna eruptiva en la imagen GOES, después de la explosión del día 30 de junio. Se observa que la pluma volcánica fue desplazada hasta una distancia de 47 km en dirección NNE.

En julio de 2006, las explosiones ocurrieron los días 2 (11:44 h, según reporte del IGP), 9 (04:48 h, según reporte del IGP), 10 (11:50, 12:06 y 19:50 h), 12 (06:07, 08:22 y 16:25 h; el primero y tercero reportado por el IGP), 13 (01:15 y 15:33 h; reportado por el IGP), 14 (00:36, 03:55, 04:13 y 15:18 h; el primero, tercero y cuarto reportados por el IGP), 16 (04:23 y 05:00 h), 17 (18:17 h), 18 (08:18 h), 19 (09:29 h), 22 (22:40 y 23:03 h) y 27 (02:22 h). Las explosiones fuertes estuvieron caracterizadas por la expulsión de rocas incandescentes, las columnas eruptivas presentaron alturas variables entre 1500 y 3000 m sobre el cráter. La pluma volcánica fue desplazada en diferentes direcciones sureste, oeste, suroeste y noroeste. La figura 3.19 muestra la foto de la columna eruptiva formada después de la explosión del 18 de julio a las 08:19 h. Esta columna alcanzó 1500 m de altura y se desplazó en dirección noroeste. Cabe destacar que luego de las explosiones del 14, la pluma volcánica alcanzó más de 60 km de distancia en dirección suroeste (figura 3.20). Los días restantes de julio (del 28 al 31), las emisiones de ceniza y gases fueron casi constantes; alcanzaron alturas entre 400 m y 1500 m sobre el cráter, y la pluma volcánica fue dispersada preferentemente hacia el sureste y este.



Figura 3.17 Columna eruptiva de hasta 3000 m de altura, formada luego de la explosión del 24 de junio (07:54 h).

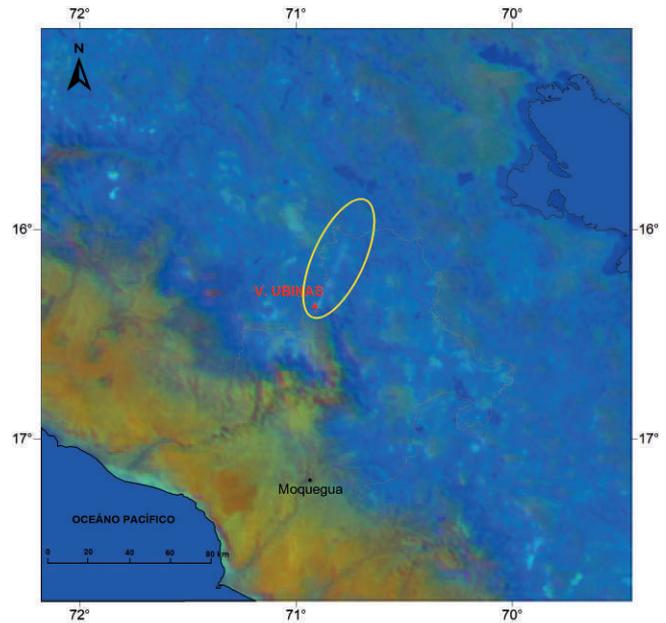


Figura 3.18 Imagen GOES que muestra el desplazamiento de la pluma volcánica en dirección NNE, hasta 47 km de distancia, luego de la explosión del 30 de junio de 2006 (04:20 h). La imagen fue captada a las 09:31 h.



Figura 3.19 Columna eruptiva de ceniza y gases, formada después de la explosión del 18 de julio (08:19 h).

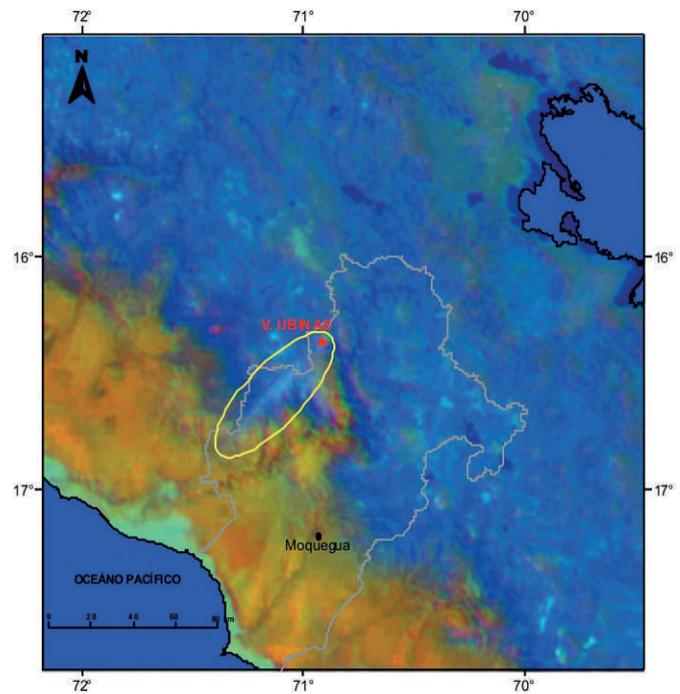


Figura 3.20 Imágenes GOES obtenidas después de la ocurrencia de la explosión del 14 de julio (03:55 h). Desplazamiento en dirección suroeste hasta una distancia de 61 km a las 08:31 h.

En agosto de 2006, la actividad volcánica disminuyó levemente. Continuó la emisión de ceniza y gases que alcanzaron alturas entre 200 y 2000 m, y ocurrieron explosiones leves a fuertes los días 1 (08:03 h, según reporte del IGP), 7 (08:45 h y 9:18 h), 10 (15:16 h), 11 (13:02 h), 12 (08:54 h), 14 (02:15 h), 17 (16:57 h), 24 (14:32 h), 25 (10:00 h), 26 (09:34 h) y 31 (05:11 h). Las explosiones de los días 12, 14, 17, 26 y 31 de agosto, expulsaron proyectiles balísticos incandescentes, las fumarolas de ceniza y gases alcanzaron alturas entre 1000 y 2000 m sobre el cráter.

Una imagen ASTER obtenida el 16 de agosto muestra que la pluma volcánica fue dispersada dicho día en dirección sureste (figura 3.21). Después de la explosión del 14, las localidades de Querapi, Ubinas, Sacohaya y Tonohaya soportaron intensa caída de ceniza. La figura 3.22 muestra la altura de la columna eruptiva luego de la explosión del 25 de agosto; mientras tanto la figura 3.23 muestra una imagen GOES donde se observa el desplazamiento de la pluma volcánica en dirección noreste, hasta una distancia cercana a 80 km después de la explosión del 31 de agosto.



Figura 3.21 Imagen del satélite ASTER del 16 de agosto de 2006. Se muestra la pluma volcánica siendo dispersada por el viento en dirección noreste.

Desde inicios de septiembre de 2006, la actividad eruptiva disminuyó sustancialmente, respecto al periodo de abril a agosto del mismo año. Entre septiembre y diciembre, la altura promedio de la columna eruptiva osciló entre 300 y 800 m (figura 3.24). Durante estos 4 meses ocurrieron solo 12 explosiones, el 20 de septiembre (09:14 h), en octubre los días 5 (23:16 h), 12 (13:25 h), 13 (00:59 h), 23 (08:42 h), 28 (01:43 h) y 30 (02:45 h) y en diciembre los días 17 (01:51 h), 27 (16:09 h), 28 (1:43 y 12:50 h) y 30 (11:35 y 17:47 h). Las explosiones que ocurrieron los días 13 y 28 de octubre, y el día 25 de

noviembre, expulsaron proyectiles balísticos incandescentes que se observaron desde el pueblo de Ubinas, así como emisiones considerables de ceniza y gases de hasta 2 000 m de altura, acompañadas de ruido. Las explosiones ocurridas los días 17, 28 y 30 de diciembre estuvieron acompañadas de ruido y columnas eruptivas de ceniza y gases que se elevaron entre 800 y 2000 m sobre el cráter, y fueron desplazados de 10 a 12 km en dirección este. La figura 3.25 muestra la foto de la explosión del 30 de diciembre, la columna eruptiva alcanzó una altura de 2000 m.



Figura 3.22 Columna eruptiva conformada por ceniza y gases, de más de 1500 m de altura, originada luego de la explosión del 25 de agosto (10:00 h).

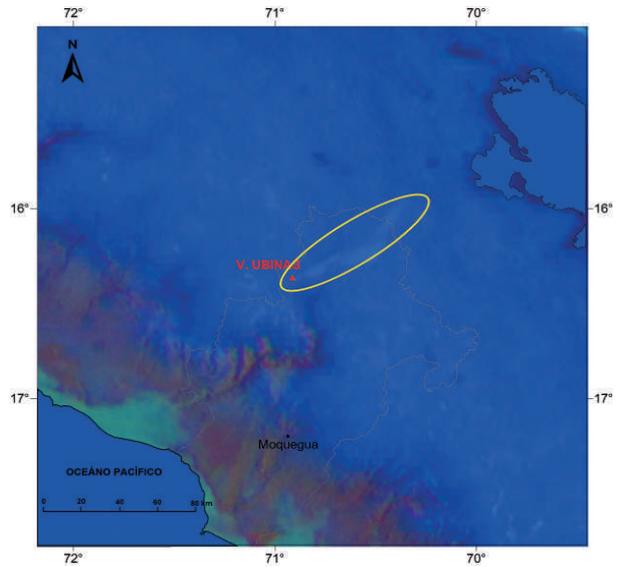


Figura 3.23 Imagen satelital GOES obtenida después de la explosión del 31 de agosto (05:11 h). La pluma volcánica se desplazó en dirección noreste hasta cerca de 80 km del cráter.



Figura 3.24 Foto de las emisiones de ceniza y gases de color blanquecino, obtenida el 6 de septiembre de 2006.



Figura 3.25 Foto de la columna eruptiva formada después de la explosión del 30 de diciembre de 2006.

En resumen, durante 2006 se registraron 75 explosiones, registradas entre los meses de abril y diciembre, luego de las cuales la columna eruptiva alcanzó alturas máximas entre 2000 y 4000 m sobre el cráter; sin embargo, la altura promedio durante el año osciló entre los 500 y 900 m (figura 3.26). La coloración

de dichas columnas fue, principalmente, gris oscuro para las columnas eruptivas más altas, y las más bajas presentaron coloraciones gris claro a blanquecino. La dirección predominante de desplazamiento de la pluma volcánica durante este periodo fue hacia el norte (26,6%) y sureste (36,6%) (figura 3.27).

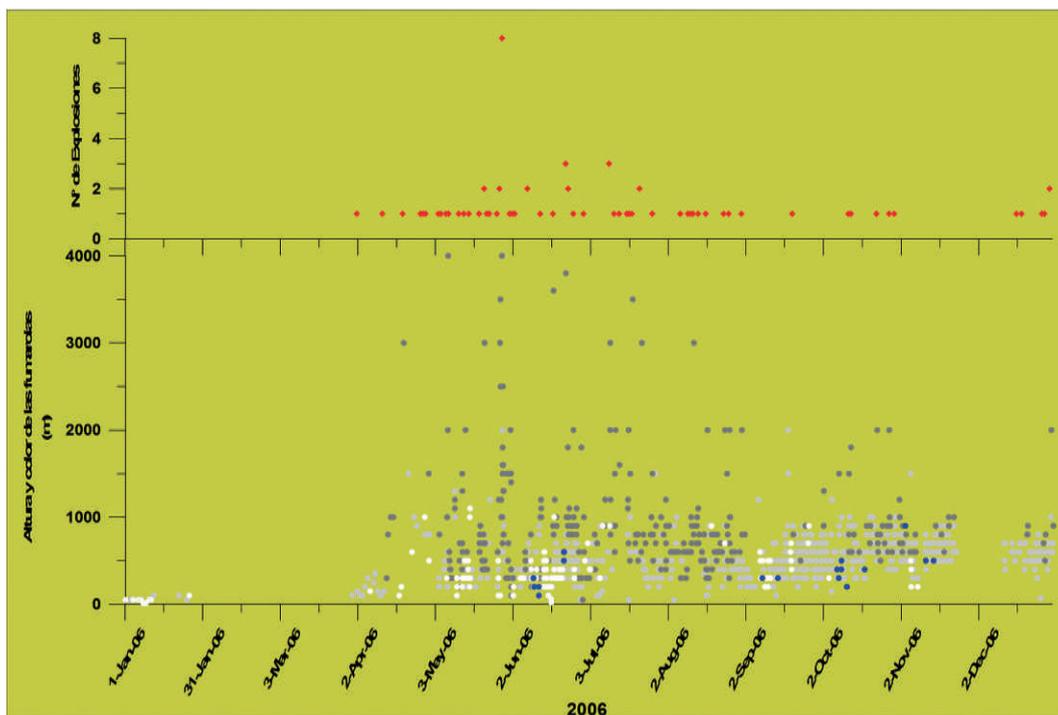


Figura 3.26 Gráfica que muestra la altura y coloración de las columnas eruptivas, así como las explosiones correspondiente al periodo de enero a diciembre de 2006.

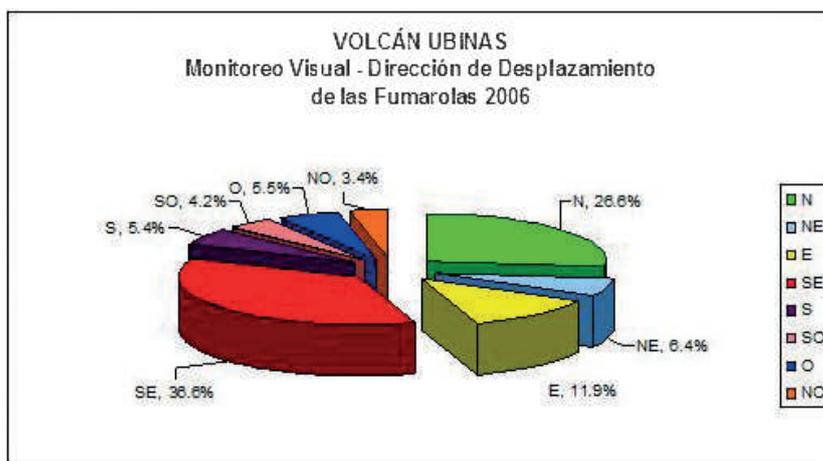


Figura 3.27 Desplazamientos preferentes de la pluma volcánica expresado en porcentaje, durante 2006.

Monitoreo visual durante el año 2007

En los meses de enero y febrero de 2007, la actividad volcánica estuvo caracterizada por emisiones de ceniza y gases, de color gris oscuro a gris blanquecino, con alturas variables entre 200 y 800 m. Cabe señalar que durante la primera quincena de enero, se presentaron lluvias intensas, posterior a las cuales el volcán se presentaba cubierto por una capa de nieve, como se muestra en la figura 3.28. Las emisiones más importantes se

observaron después de la ocurrencia de 7 explosiones (fuertes y débiles), 5 de ellas en el mes de enero, durante los días 15 (05:26 y 18:22 h), 17 (18:24 h), 24 (11:48 h) y 26 (20:55 h), y las otras 2 en febrero los días 2 (14:00 h) (figura 3.29) y 21 (06:14 h). Las columnas eruptivas de ceniza y gases se elevaron hasta 2 000 m. Las explosiones más importantes fueron las de los días 15 y 17 de enero, a las 05:26 y 18:24 h, respectivamente; la primera acompañada de movimiento sísmico, y la segunda con abundante ceniza y ruido.

El 17 de enero de 2007 a las 14:45 h aproximadamente, se observó el inicio del emplazamiento de un flujo de lodo (lahar) proveniente de los flancos del volcán Ubinas. Este flujo se desplazó por la quebrada Volcanmayo (figura 3.30) y prosiguió por más de 10 km a lo largo del río Ubinas, hasta desembocar en el río Tambo. Los días 16 y 17, no se registraron precipitaciones pluviales, sino más bien tiempo soleado, el mismo que habría generado el derretimiento de la nieve lo que desencadenó el lahar (Macedo *et al.*, 2007).

En marzo de 2007, se presentó un leve incremento de la actividad volcánica, explosiones leves y fuertes ocurrieron los días 11 (04:46 h), 13 (13:05h), 23 (00:30 y 17:59 h), 28 (13:25 h), 29 (14:41 h), 30 (06:16 h) y 31 (13:40 h). La explosiones fuertes se registraron los días 11 (04:46 h), 30 (06:15 h) y 31 (13:40 h) de marzo, y estuvieron acompañadas de ruido, fuerte olor a azufre y columnas de ceniza y gases de hasta 2 000 m, orientándose preferentemente en dirección E, SE y SO. Posterior a la explosión, se observó la caída de ceniza en los poblados cercanos al volcán Ubinas.

En abril de 2007, la actividad volcánica continuó con la emisión de cenizas y gases, además de la ocurrencia de explosiones registradas los días 1 (09:04 h), 2 (05:26 y 16:54 h), 3 (17:30

h), 8 (15:19 y 18:09 h), 10 (03:44 h), 14 (09:17 h), 15(14:14 h), 16 (15:10 h) (figura 3.31) y 18 (17:36 h), 19 (6:36 y 6:55 h), 22 (00:44 h), 24 (09:25 h), 26 (19:07 h). La explosión del 1 de abril fue antecedida de 6 explosiones débiles, además estuvo acompañada de ruido, la columna de ceniza se elevó hasta 1800 m de altura; minutos después se presentó caída de ceniza en las localidades de Querapi, Ubinas y Sacohaya. Asimismo, las explosiones de los días 2, 8 y 16 generaron columnas eruptivas entre 1000 a 2500 m de altura, que fueron dispersadas en dirección este, noreste y sureste, hasta distancias de 15 a 20 km.

En el mes de mayo de 2007, ocurrieron explosiones durante los días 1 (07:06 h), 5 (03:13 h), 14 (15:00 h), 15 (08:21 h), 16 (19:30 h), 19 (05:34 h), 22 (16:43 y 18:05h), 24 (01:32, 09:05 y 15:13 h) y 25 (04:04, 10:56, 13:56, 16:49 y 22:57 h), 27 (03:17 h), generando columnas de ceniza entre 500 y 2500 m. Las explosiones más resaltantes fueron las ocurridas los días 15, 16, 19, 22, 24 (09:05 y 15:13 h) y 25 (16:49 h), ya que las columnas eruptivas se desplazaron entre 30 y 50 km, preferentemente en dirección norte, este y sureste, presentándose caídas de ceniza en las localidades de Ubinas y Sacohaya. Sin embargo, luego de las explosiones de los días 19 y 26 de mayo, la pluma fue vista en las imágenes GOES hasta una distancia de 110 a 120 km al este.



Figura 3.28 Columna eruptiva gris clara, registrada el 13 de enero de 2007. La parte superior del edificio volcánico se encuentra cubierta por nieve, como consecuencia de las intensas precipitaciones.



Figura 3.29 Columna eruptiva de ceniza y gases, formada poco después de la explosión del 2 de febrero de 2007. Dicha columna alcanzó cerca de 1000 m de altura.

De junio a diciembre de 2007, la actividad del volcán Ubinas disminuyó considerablemente. Durante estos meses, las fumarolas alcanzaron entre 400 y 600 m de altura, y fueron dispersadas preferentemente hacia el norte, este, sureste y suroeste. Durante este periodo, las explosiones débiles, moderadas y fuertes ocurrieron el 12 de junio (02:34 h); en julio los días 9 (22:03 h), 25 (04:38 h) y 26 (01:25 h); en septiembre los días 2 (03:17 h), 10 (18:37 y 19:37 h), 11 (00:45 h), el 15 de octubre (04:00 h), en noviembre los días 24 (10:05 h) y 29

(05:54 y 15:47 h) y en diciembre los días 6 (08:42 h), 14 (07:24 h), 20 (15:45 h), 21 (09:23 h). La explosión del 26 de julio (01:25 h) generó un movimiento sísmico percibido por los pobladores en Querapi y Ubinas. La columna eruptiva se desplazó en dirección sureste hasta 49 km de distancia (figura 3.32). Las explosiones de los días 10 y 11 de septiembre, generaron columnas eruptivas de 1400 a 1600 m de altura, posterior a ello se presentó caída de ceniza en las localidades de Querapi, Ubinas y Sacohaya.



Figura 3.30 Fotografía de la llegada de una «ola» o frente de avance durante el lahar generado el 17 de enero de 2007 en el río Ubinas. Tuvo poco volumen, arrastró bloques de lava de 1 a 2 m y afectó algunas áreas de cultivo, así como causó la interrupción de las carreteras por algunos días (foto cortesía de J. Acosta).



Figura 3.31 Columna eruptiva de ceniza y gases formada después de la explosión del 16 de abril de 2007, que alcanzó hasta 2500 m de altura sobre el cráter.

En resumen, durante 2007, la actividad volcánica disminuyó considerablemente, especialmente respecto al periodo comprendido entre abril y agosto de 2006. Sin embargo, se registraron periodos de ligero incremento de este tipo de actividad, principalmente durante los meses de marzo, abril y

mayo (figura 3.33). Durante 2007 se registraron 49 explosiones, las fumarolas presentaron principalmente coloraciones gris claro, alcanzaron alturas máximas de hasta 2500 m y la dirección de desplazamiento predominante de la pluma volcánica fue en dirección sureste (24,5%) y este (17,7%) (figura 3.34).

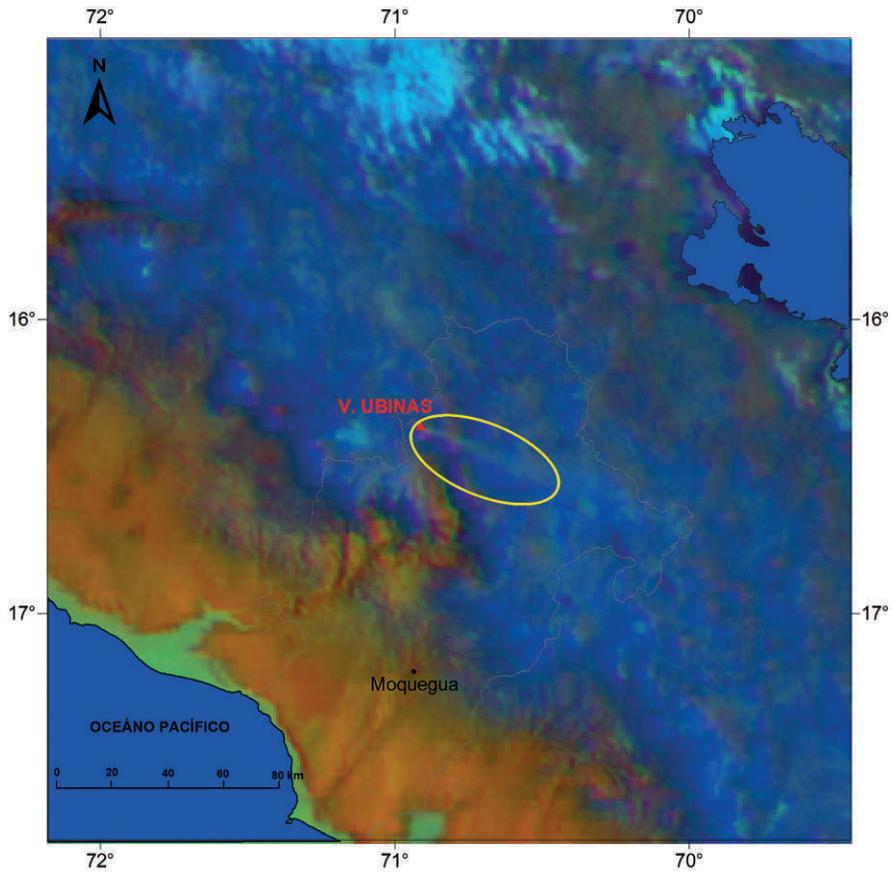


Figura 3.32 Imagen satelital GOES del desplazamiento de la pluma volcánica, luego de la explosión del 26 de julio de 2007 (01:25 h). La pluma se desplazó en dirección sureste, alcanzando una distancia de 49 km a las 07:45 h.

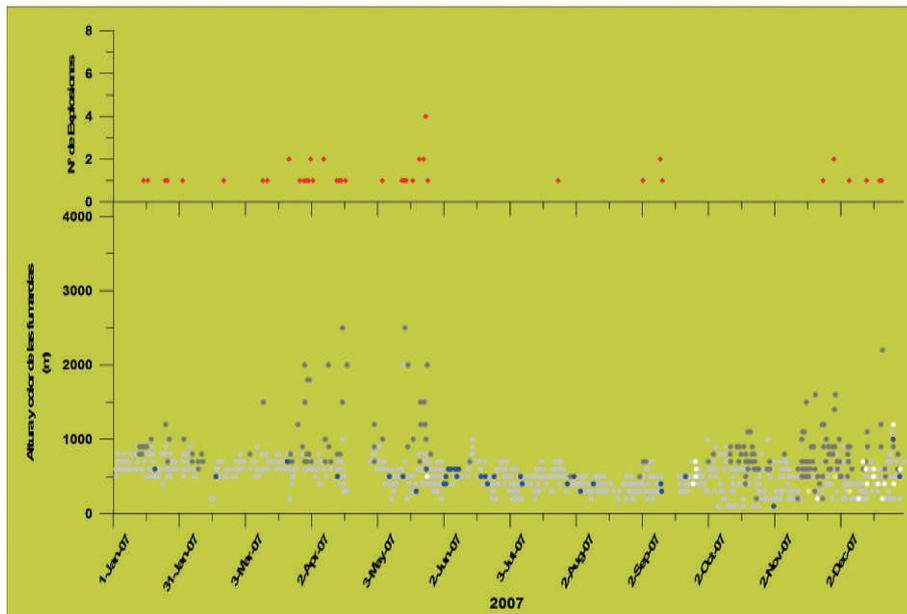


Figura 3.33 Gráfica que muestra la altura y coloración de la pluma volcánica, así como el número de explosiones, correspondiente al periodo de enero a diciembre de 2007.

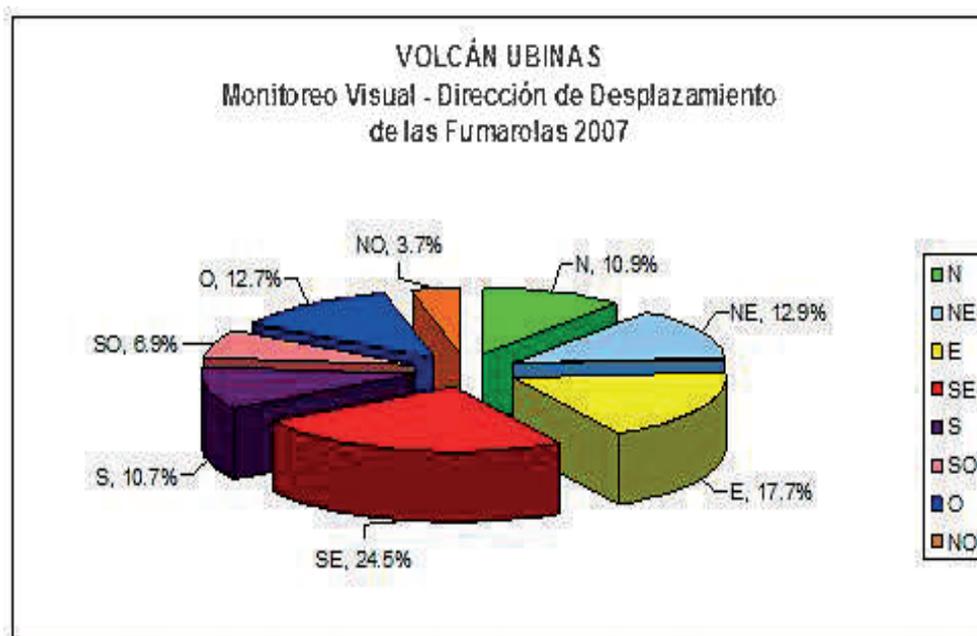


Figura 3.34 Porcentaje de desplazamiento preferente de la pluma volcánica durante el año 2007.

Monitoreo visual durante el año 2008

En enero de 2008 se presentó un leve incremento en la actividad del volcán Ubinas, con la ocurrencia de 8 explosiones débiles los días 5 (02:40 y 16:53 h), 6 (13:15 h), 7 (05:02 h), 8 (06:01 y 16:55 h), 15 (02:30 h), y 17 (03:30 h). Estas generaron columnas eruptivas de ceniza y gases de 1000 a 3000 m de altura sobre el cráter del volcán, la pluma fue dispersada a distancias de 6 a 7 km en dirección norte y suroeste.

En febrero de 2008, la actividad disminuyó considerablemente, las emisiones de ceniza y gases continuaron durante el mes, la altura de estas emisiones dispersas estuvo por debajo de los 700 m de altura y se desplazaron en diferentes direcciones. Un ligero incremento fue registrado el 29 a las 11:58 h, generando una columna eruptiva que alcanzó hasta los 2000 m de altura y que fue dispersado por el viento en dirección preferente norte, oeste y este.

Entre marzo, abril y mayo de 2008, la actividad del volcán Ubinas, continuó en descenso, aunque con algunos incrementos esporádicos de la emisión de ceniza, principalmente después de la ocurrencia de 6 explosiones débiles y moderadas en estos tres meses; 2 en marzo, los días 3 (03:13 h) y 21 (11:45 h); 3 en abril; los días 21 (15:24), 22 (07:13 y 19:34 h), 23 (07:01 h) y 2 en mayo, el día 8 de mayo (17:56 h) y 10 de mayo (18:40 h). Las explosiones de los meses de marzo y abril generaron columnas eruptivas de ceniza y gases de hasta 2200 m de altura, que fueron desplazados por el viento hasta 7 km en dirección sur y suroeste, posterior a ello, se reportaron caídas de ceniza

en las localidades de Querapi, Ubinas y Logen. Las figuras 3.36 y 3.37 muestran la foto de la explosión del 23 de abril (07:01 h) y el desplazamiento de la fumarola, respectivamente.

Desde junio hasta el 23 de octubre de 2008, las emisiones de ceniza y gases se mantuvieron en los niveles más bajos con respecto a los años anteriores (2006 y 2007), la altura de las fumarolas estuvo entre 200 m y 900 m y muy esporádicamente alcanzaron los 1000 y 1100 m. Estas fumarolas dispersas se orientaron en diferentes direcciones. La ocurrencia de explosiones se sucedieron principalmente en junio, los días 28 (10:20 y 14:37 h), 29 (18:20 h), 30 (12:17 h); en julio, los días 1 (04:29 h), 2 (08:52), 16 (20:06 h), 21 (07:49, 16:00, 17:25 y 20:34 h), 26 (03:38 h), 27 (11:31 h); y en octubre los días 13 (24:41 h), 14 (09:38 y 10:13 h), 21 (08:24 h), 24 (23:13 h), 25 (10:31 y 13:26 h), 29 (20:57 h) y 31 (04:36 h). Las explosiones del 24 y 29 de octubre estuvieron acompañadas de ruido y movimiento sísmico; no pudo observarse la columna eruptiva por la poca visibilidad.

Entre noviembre y diciembre de 2008, los niveles de actividad fue similar a los meses anteriores, con altura de columnas eruptivas entre 300 m y 700 m. Excepcionalmente se produjeron algunas explosiones, los días 5 (22:32 h), 7 (10:44 h), 10 (18:17 h), 13 (05:07 h) y 14 de noviembre (04:56 h, 14:24 h) de noviembre, luego de las cuales se produjeron emisiones de ceniza y gases, desplazándose hasta 15 km de distancia. Las localidades de Querapi, Ubinas y Sacohaya fueron afectadas por caídas de ceniza.



Figura 3.35 Columna eruptiva de ceniza y gases formada después de la explosión del 8 de enero de 2008 (06:01 h). La columna eruptiva de ceniza y gases alcanzó una altura de 3000 m.



Figura 3.36 Columna eruptiva formada poco después de la explosión ocurrida el 23 de abril de 2007, a las 07:07 h. La columna eruptiva alcanzó 2200 m de altura y se desplazó en dirección suroeste.

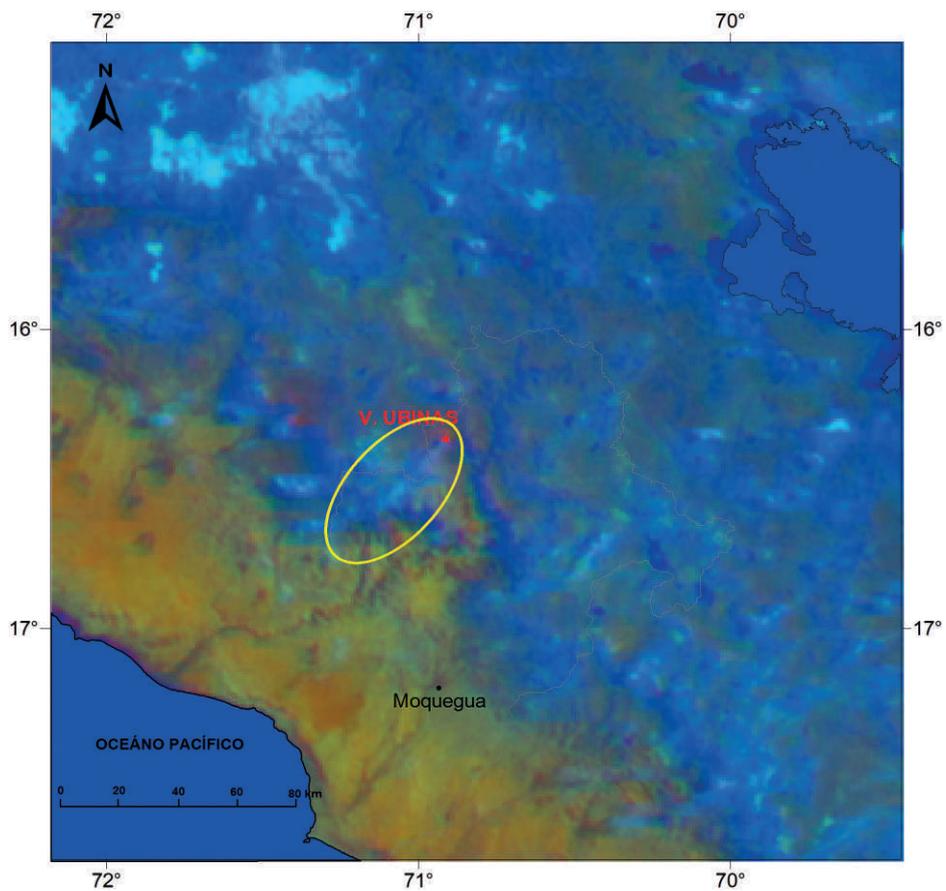


Figura 3.37 Imagen GOES que muestra el desplazamiento de la pluma volcánica después de la explosión del 23 de abril de 2008. La pluma se desplazó en dirección sureste y alcanzó una distancia de 38 km a las 08:31 h.

En resumen, durante el año 2008 la actividad volcánica disminuyó considerablemente con respecto a los años 2006 y 2007. Ligeros incrementos se presentaron en enero, marzo, abril, mayo, octubre y diciembre (figura 3.38). Durante 2008, se registraron 124 explosiones, la columna eruptiva tuvo colores

gris claro, blanquecino y azulino, y no sobrepasaron los 3000 m de altura. Durante este periodo la dirección predominante de la pluma volcánica fue hacia el noreste (18,6%), suroeste (17,9%), este (17,2%), oeste (13,2%), sureste (12,8%) y sur (12,7%) (figura 3.39).

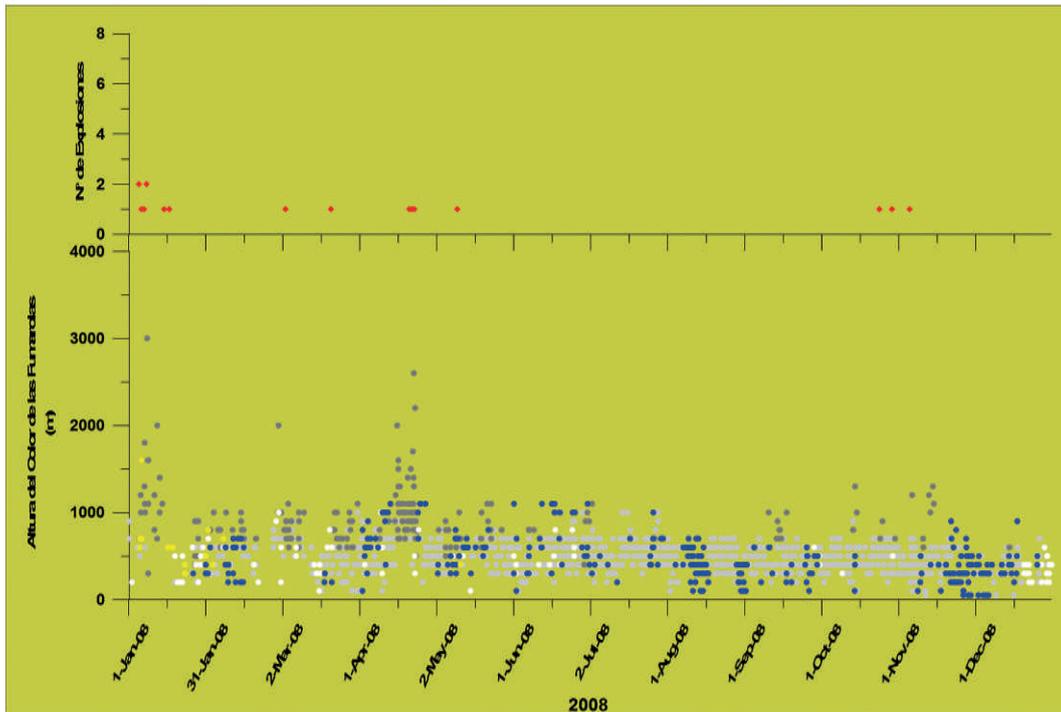


Figura 3.38 Altura de la columna eruptiva, coloración de las fumarolas y número de explosiones correspondientes a 2008.

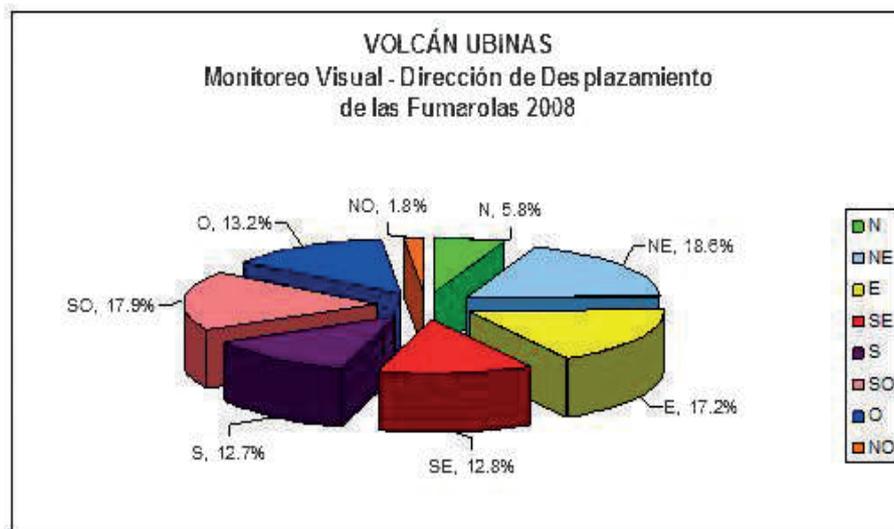


Figura 3.39 Porcentaje de desplazamiento de la pluma volcánica durante 2008. La pluma fue dispersada preferentemente hacia el noreste, suroeste y este.

ACTIVIDAD SÍSMICA ASOCIADA A LA CRISIS ERUPTIVA 2006-2008

Orlando Macedo¹, Adolfo Inza¹, Edu Taipe¹, Domingo Ramos¹, Jean-Philippe Métaxian², Vadim Monteiller²

¹ Instituto Geofísico del Perú, ² LGIT-Université de Savoie, Francia

En marzo 2006, al inicio de la crisis eruptiva, no se contaba aún con la red sísmica digital de monitoreo del volcán Ubinas, que fue implementada por el IGP paulatinamente a partir de las semanas siguientes. Sin embargo, durante estas semanas iniciales, se instalaron en los alrededores del volcán 3 estaciones sísmicas analógicas, de periodo corto, pertenecientes al Instituto Geofísico de la UNSA. Posteriormente, en la tercera semana de abril, el IGP instaló las primeras estaciones sísmicas digitales equipadas con sensores de banda ancha, y, a partir del 24 de mayo entró en operación la primera estación sísmica de la Red Telemétrica del IGP. Esta primera estación es de periodo corto, está ubicada en el flanco NO y envía la señal directamente al Observatorio Volcanológico del IGP en Cayma, Arequipa. La red telemétrica fue posteriormente ampliada a 4 estaciones en total (3 de 1 Hz y una de banda ancha).

La actividad sísmica registrada

Al inicio de la erupción, en marzo y hasta mediados de abril, solo operaron estaciones analógicas que mostraron intensa y creciente actividad sísmica. Entre el 21 y 26 de abril se instalaron las primeras estaciones digitales portátiles RefTek, con sismómetros de banda ancha y de 3 componentes (Guralp CMG40T, 0,02-30 s), sobre los flancos norte y sur del volcán. Posteriormente, a partir del 24 de mayo, entró en funcionamiento la estación telemétrica UB1 (16.3° S, 70.9° W; 4835 m) con un sismómetro Kinematics, modelo SS1, 1 Hz, y cuyas señales son enviadas hasta el IGP Arequipa (figura 3.40).

Con las señales digitales obtenidas se ha investigado, los niveles de energía sísmica característicos en este proceso eruptivo. Se han usado los datos de banda ancha del 21-26 de abril obtenida en la estación RN (figura 3.41) para estimar dichos niveles energéticos, por integración de la señal sísmica (velocidad), según la relación (Johnson y Aster, 2005):

$$E_{sismica} = -2\pi r \rho_{earth} C_{earth} \frac{1}{A} \int S U(t) dt$$

r= distancia fuente-estación; ρ_{earth} : densidad; C_{earth} : velocidad de ondas P; A: corrección de atenuación; S: corrección por respuesta del sitio (estación); U(t): velocidad de partícula.

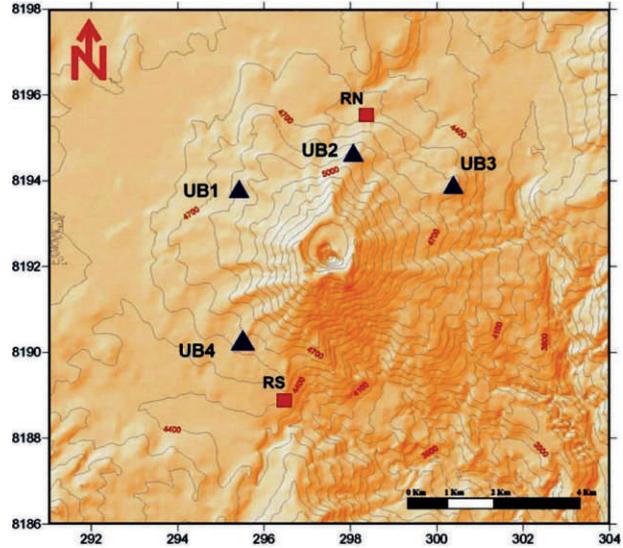


Figura 3.40 Ubicación de la red de estaciones sísmicas en el volcán Ubinas. Triángulos= estación permanente, telemétrica, 1 Hz; Cuadrados= estaciones portátiles de banda ancha.

La figura 3.41 muestra los diagramas de energía obtenidos de los datos de banda ancha filtrados en tres diferentes bandas de frecuencia. La energía de alta frecuencia, que corresponde a la actividad volcánica, es ligeramente superior al ruido oceánico, por lo que se puede concluir que esta actividad volcánica es débil. Posteriormente, se obtuvieron similares niveles de energía con los datos de UB1.

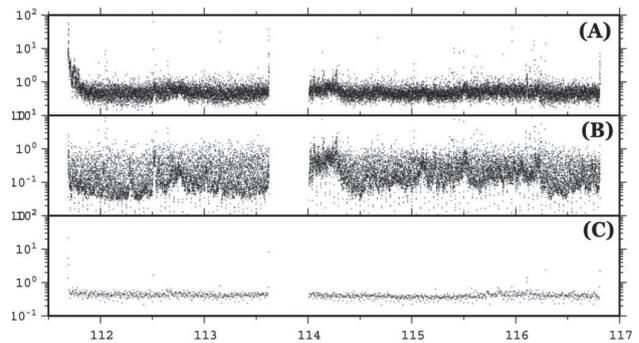


Figura 3.41 Diagrama de energía para el registro del 21-26 abril. (a): Señal no filtrada. (b): Frecuencias > 1Hz. (c): Frecuencias < 1Hz, correspondientes al ruido oceánico.

Tipos de eventos y estadística

En el proceso de erupción los más importantes eventos que han sido observados son las explosiones, los sismos de tipo LP y los

tremores (Macedo *et al.*, 2009). También se han observado sismos VT aunque en un número muy reducido, así como sismos denominados híbridos. La figura 3.42 muestra las formas de onda y los espectrogramas característicos de los principales 4 tipos de señales sismovolcánicas. Para ser

considerados en la estadística, los eventos deben sobrepasar el umbral de «400 cuentas» (equivalente a 3,75 mm/s) en el registro de la estación UB1. La figura 3.43 muestra la estadística de los 41536 eventos registrados entre 2006-2008.

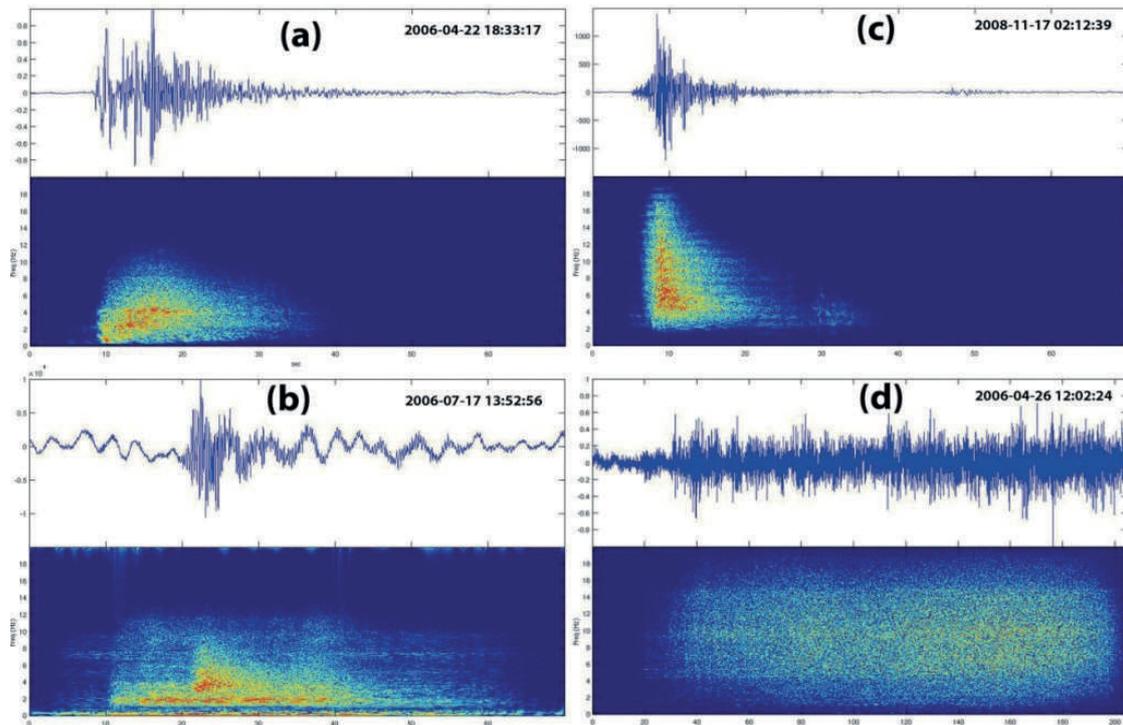


Figura 3.42 Principales tipos de eventos sísmicos registrados durante la erupción del volcán Ubinas (formas de onda y espectrogramas): (A) Explosión. (B) LP. (C) VT. (D) Tremor.

Las explosiones constituyen las señales más importantes registradas. Estas tienen la característica de incluir muy bajas frecuencias, entre 0,3 y 0,9 Hz, y frecuentemente han sido precedidas por enjambres de LP. En el periodo de registro entre mayo 2006 y diciembre 2008 se han registrado 143 explosiones, que representan el 0,3% de los eventos (ver figura 3.43).

Los eventos LP presentan picos de frecuencias entre 2 y 5 Hz. Es el tipo de evento que más ha sido observado. Así, por ejemplo, entre mayo de 2006 y diciembre de 2008, se han contabilizado 35240 eventos LP, lo que representa un 84,9% de la actividad sismovolcánica registrada (figura 3.43).

Los eventos VT son los que menos se han observado. La figura 3.43 da una muestra de la frecuencia en que se han presentado entre 2006 y 2008, registrándose solamente 247 eventos VT.

Los eventos híbridos (HIB) tienen características que corresponden a LP y VT; solo se registraron 445, correspondiendo al 1% de la actividad.

Frecuentemente se ha observado también la ocurrencia de episodios de tremor volcánico (5461 tremores, correspondiente al 13,2%) (figura 3.43), especialmente inmediatamente después de explosiones, aunque también hubo periodos de varias horas en que se produjeron tremores incesantes. Las señales sísmicas de estos tremores, que están asociados a la expulsión de material magmático, contienen amplia gama de frecuencias en donde se han observado picos que destacan como 4,2, 4,0, 3,6, 3,1 y 4,5 Hz. Por otro lado, cabe indicar que también se registraron señales asociadas a la ocurrencia de un único lahar ocurrido durante el proceso de erupción, el 17 de enero de 2007, el cual tiene una firma espectral distinta a los tremores, pues contiene ruido blanco, es decir, contiene todas las frecuencias (figura 3.44).

La figura 3.43 muestra que la mayor parte de la sismicidad ocurrida en este proceso eruptivo corresponde a eventos de tipo LP; esta sismicidad está asociada al tránsito de fluidos dentro del aparato volcánico, tales como el magma y gases diversos.

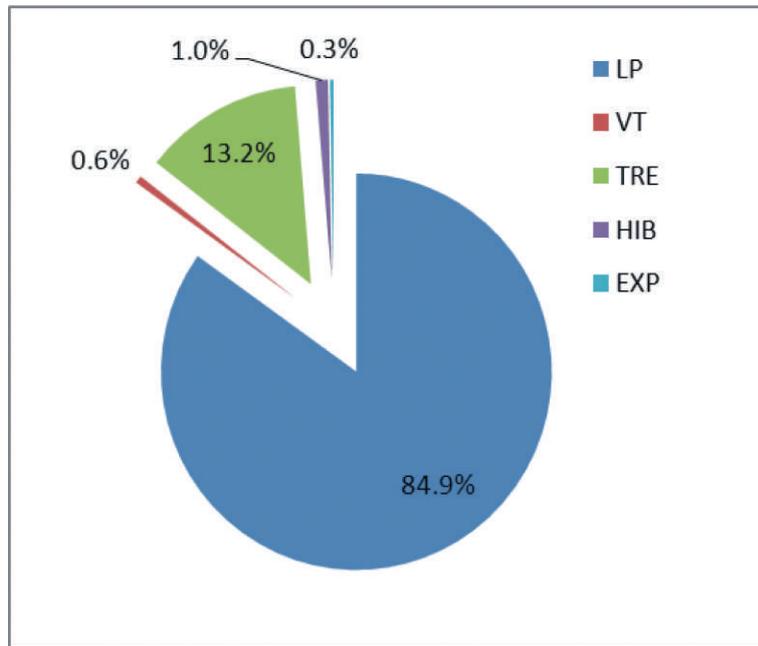


Figura 3.43 Estadística de los tipos de eventos sísmicos registrados en el volcán Ubinas durante el proceso eruptivo. LP: sismo de tipo periodo largo, VT: volcano-tectónico, TRE: tremor, HIB: híbrido, EX: explosión.

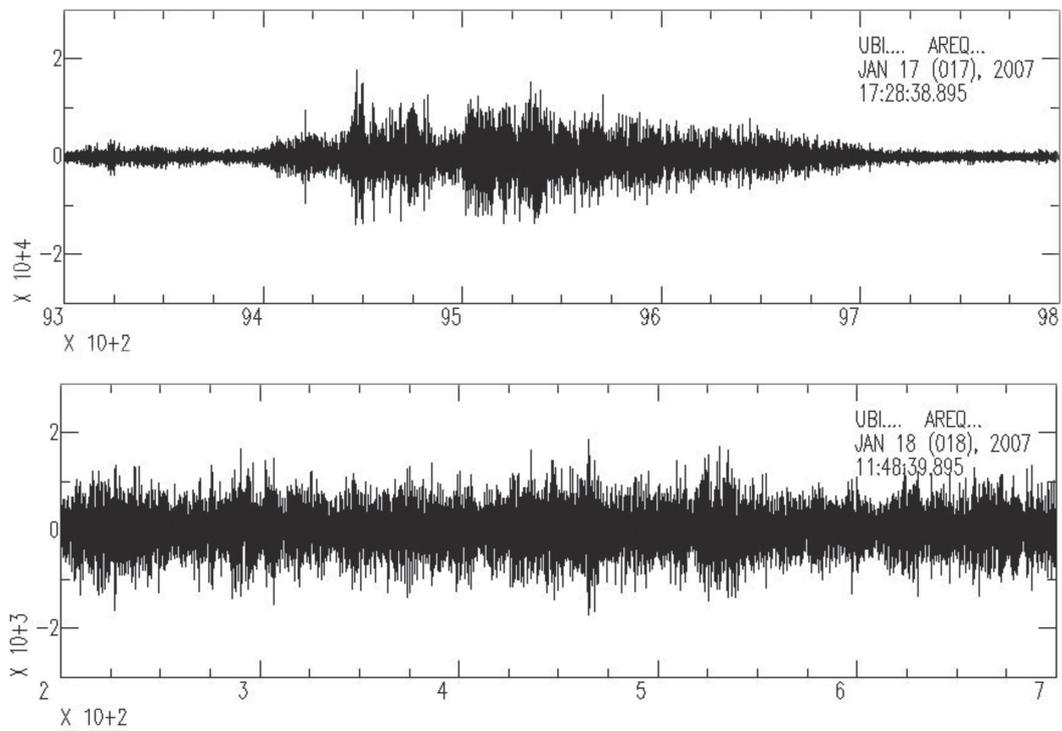


Figura 3.44 Registro del lahar del 17 de enero de 2007 (recuadro superior), y de un tremor frecuente (recuadro inferior).

Los reportes diarios de la actividad sismovolcánica

Como se ha explicado anteriormente, el IGP recibe las señales sísmicas en el Observatorio Vulcanológico de Cayma en Arequipa. Estas señales, que provienen en tiempo real de la red telemétrica de estaciones sísmicas ubicadas sobre el mismo volcán, son analizadas en forma diaria, y dan lugar a sendos reportes. Estos reportes de la actividad sismovolcánica son publicados diariamente en la página web del IGP (http://www.igp.gob.pe/ubinas/index_ubina.html). Además, son enviados a las autoridades del COER Moquegua, COER Arequipa, el

INDECI, así como a diferentes funcionarios y personas que lo soliciten.

Este reporte contiene una tabla estadística y gráficos de la sismicidad (numero de LP, VT, tremor, explosión, energía de explosiones, energía diaria acumulada), así como un pronóstico de vientos para la zona elaborado por el Centro de Predicción Numérica del Tiempo y Climadel IGP (CPNTC), de modo que la trayectoria de las cenizas volcánicas expulsadas a la atmosfera puedan ser tomadas en cuenta para labores de previsión y seguimiento del proceso por las autoridades y la comunidad. Un ejemplo de este tipo de reportes se da en la figura 3.45.

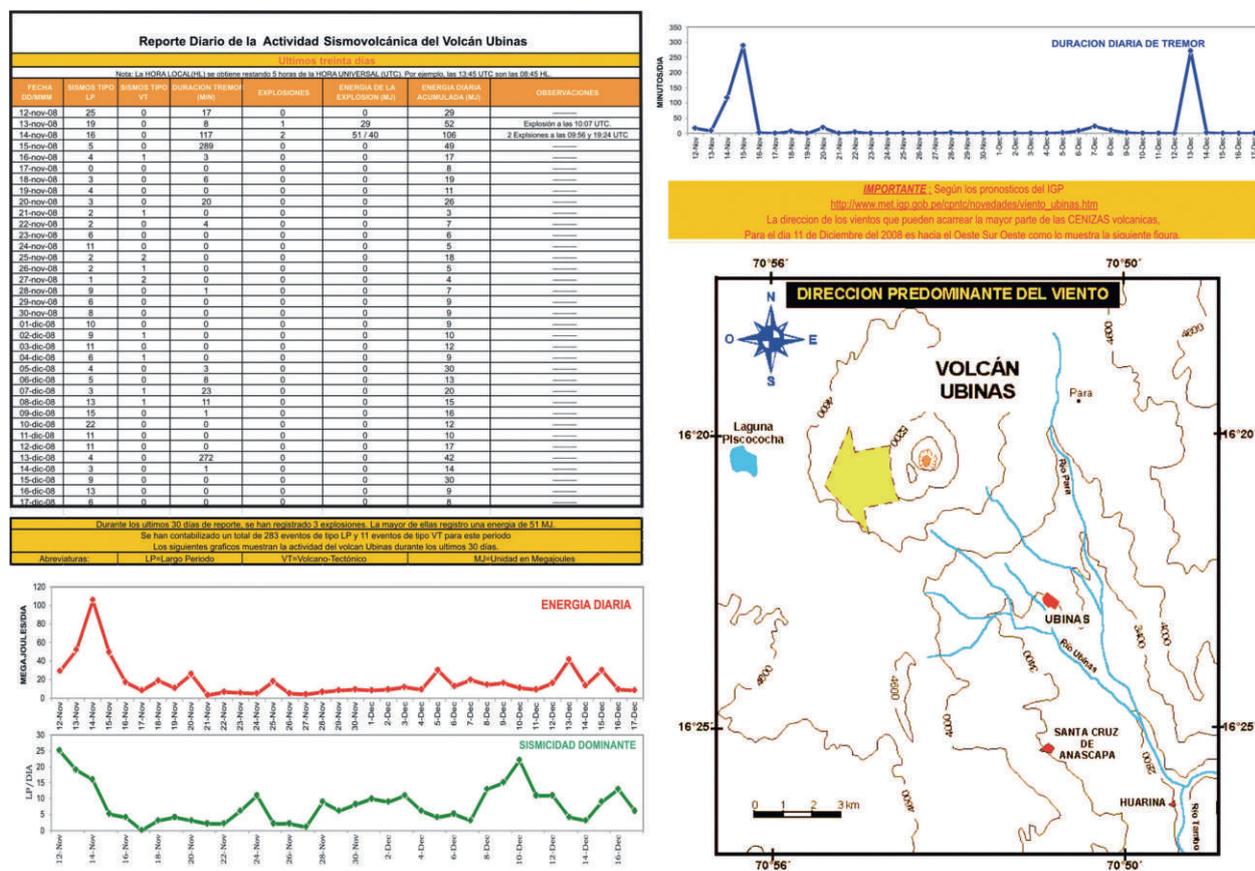


Figura 3.45 Ejemplo de Reporte de la actividad sismovolcánica diaria del volcán Ubinas (IGP), del 17 de diciembre de 2008. Este reporte-resumen permite tener una estimación cuantitativa de la sismicidad, uno de los parámetros reconocidos como el más significativo en el curso de una erupción volcánica. Asimismo, la información es complementada con un pronóstico de la dirección del viento para el día del reporte.

Características de la actividad sísmica durante el proceso de erupción

En general, según se puede observar en las gráficas de la energía diaria acumulada (figura 3.46) y de los otros gráficos de sismicidad (figuras 3.47 y 3.48), el evento eruptivo de 2006-2008 de este volcán puede ser catalogado como moderado, y está

en correspondencia con el IEV 2 que se le ha asignado (Rivera et al., 2010). Las figuras 3.48 y 3.49 muestran la energía total diaria acumulada, así como la duración de los tremores, durante todo el proceso eruptivo. Se observan altibajos de la energía en los primeros meses, pero luego un marcado ascenso en agosto hasta llegar a máximos los días 18 y 20 de agosto 2006. Así, el día 20 de agosto registró hasta 3137 MJ de energía. Después

de estas fechas el decaimiento es notable, y aunque hay un repunte de cierta actividad durante octubre, nunca más vuelve a elevarse a los niveles de agosto.

De manera similar, se puede observar que las explosiones mas energéticas se producen en los primeros meses de

iniciado el proceso eruptivo, observándose la ocurrencia de la mayor explosión el 24 de junio a las 12:54 UTC que registró hasta 719 MJ de energía. Posteriormente ya no se ha vuelto a observar ninguna explosión que alcance tal magnitud de energía.

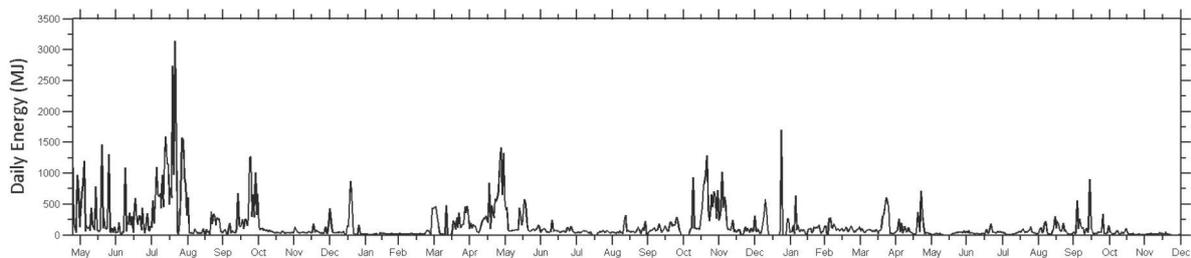


Figura 3.46 Energía diaria acumulada, en mega-Joules (MJ) observada en la estación UB1 de la Red Sísmica del Volcán Ubinas entre mayo de 2006 y diciembre de 2008. Nótese que los máximos de energía corresponden a los primeros meses del proceso eruptivo, y que esta ha ido disminuyendo paulatinamente aunque ocurrieron algunos pequeños lapsos de recrudescimiento.

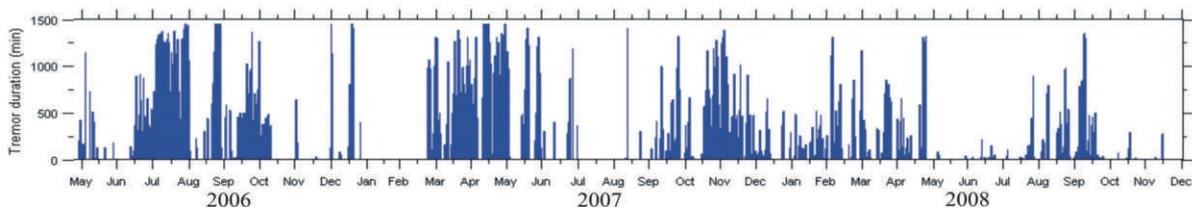


Figura 3.47 Duración diaria de los tremores (observada en la estación UB1 de la Red Sísmica del Volcán Ubinas).

A partir del análisis de los registros sísmicos continuos obtenidos mediante la estación telemétrica UB1, se pueden distinguir 4 etapas (I, II, III, y IV) en el proceso eruptivo (figura 3.48):

I) Del inicio de erupción (27 de marzo) hasta el 24 de junio 2006. Inicio de la apertura del conducto eruptivo, mientras el magma asciende al cráter; apertura de los conductos eruptivos.

- Pocos episodios de tremor, pero va «*in crescendo*» tanto en amplitud como en frecuencia de ocurrencia.

- Las explosiones vienen siempre precedidas por señales LP (eventos precursor), y a veces ocurren sismos VT inmediatamente luego de la explosión.

- En comparación con las explosiones futuras, las explosiones de esta etapa presentan mayor energía.

- Durante esta etapa el magma llega por primera vez a la superficie el día 19 de abril 2006.

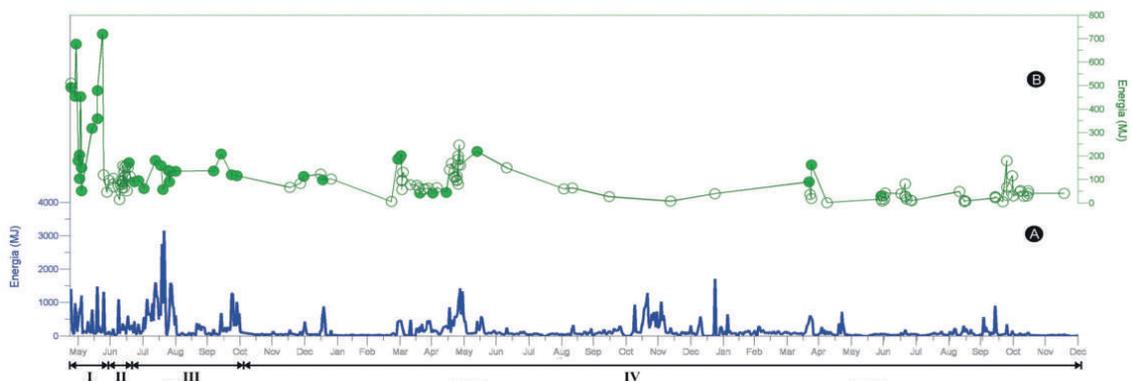


Figura 3.48 Energía diaria calculada en la estación UB1 (a), y energía de las explosiones (b). Círculos abiertos: explosión sin precursor. Círculos llenos: explosión con precursor.

II) Del 24 de junio al 16 de julio de 2006. El sistema trabaja como un sistema más abierto; flujo pequeño.

- Ocurre actividad tremórica reducida o débil.
- Las explosiones ya no tiene eventos LP precursores.
- El número de explosiones aumenta, alcanzando algunas veces hasta tres por día. Sin embargo, el nivel de energía de estas explosiones decae notoriamente.
- Por otro lado, los datos de temperatura en superficie detectada por el satélite GOES (Universidad de Hawaii) muestran un incremento ligero, pero sostenido.

III) Del 16 de julio hasta fines de octubre de 2006. Ascenso continuo, sostenido, de gases y magma.

- Aumentan notablemente los temores y en especial su energía, llegando hasta 10 veces su tasa de energía «habitual».
- Aumento ligero de la energía de las explosiones.
- Las explosiones presentan nuevamente eventos LP precursores.

IV) De noviembre de 2006 en adelante. Disminución paulatina de gases y magma, disminuye gradualmente el aporte magmático profundo. Se observan breves episodios de recuperación de la actividad.

- Hay largos periodos de relativa calma, con poca ocurrencia de explosiones y temores. Sin embargo, ocurren episodios

cortos de recrudescimiento de la actividad sísmica. Tales episodios se hacen cada vez más espaciados y de menor duración.

- La mayoría de las explosiones no tienen LP precursores, o estas son débiles.
- Los eventos LP disminuyen notoriamente en número.
- En general, la energía diaria acumulada decrece de manera importante.
- En la época de lluvias ocurren algunas explosiones freatomagmáticas.

Las observaciones de campo y la interpretación de la sismicidad observada

- En la etapa I, paulatinamente se incrementa la ocurrencia de LP, temores y explosiones. El 19 de abril, el magma alcanzó por primera vez la superficie (figuras 3.10 y 3.49a). Todo esto significa que el magma asciende, se abre camino entre conductos aún parcialmente obstruidos.
- En la etapa II, los niveles de energía emitida disminuyen por el menor número de LP y temores. Se observa la disminución notoria de la energía emitida en cada una de las frecuentes explosiones. Por lo anterior, se infiere que los conductos se encuentran más libres o limpios de obstáculos. El magma aflora ahora con mayor facilidad, pero probablemente con poco débito, pues no se presentan temores importantes.

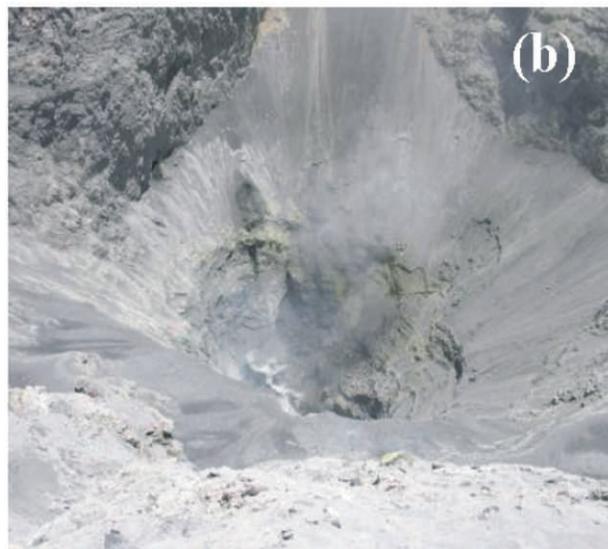
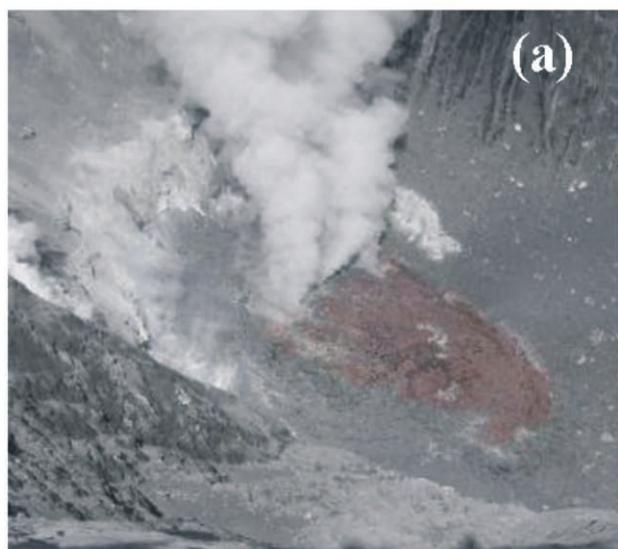


Figura 3.49 (a) Foto del cráter donde se aprecia que el magma ha alcanzado la superficie por vez primera el 19 de abril de 2006. (b) Fotografía del mismo cráter ocho meses después, el 8 de diciembre de 2006, donde se observa que el material magmático ya no ocupa el cráter.

- En la etapa III, hay un fuerte aumento de la sismicidad. Significa que el aporte magmático sería mucho más intenso. Los conductos de salida, aún estando relativamente limpios, no se abastecen para evacuar el magma que es expulsado de manera intensa y sostenida.
- En la etapa IV, se observa un retroceso del magma en superficie, al mismo tiempo que la actividad sísmica decrece notoriamente. Por tanto, se infiere que el aporte de magma profundo es cada vez menor o ha terminado (figura 3.49b). Pueden ocurrir cortos periodos de nuevo aumento de actividad eruptiva y aún explosiones pequeñas, pero se nota que los periodos de calma son cada vez más largos.

Las explosiones

Como ya se ha anotado con anterioridad, las explosiones han tenido niveles de energía más bien bajos. Además, buena parte de dichas explosiones han venido precedidas de sismos LP precursores. La figura 3.50 muestra un ejemplo de explosión ocurrida el 31 de agosto 2006. Cerca de 90 minutos antes de la explosión, se observa la llegada de sismos LP a intervalos de algunas decenas de segundos y con energía creciente. Producida la explosión, se registran tremores que disminuyen paulatinamente en energía.

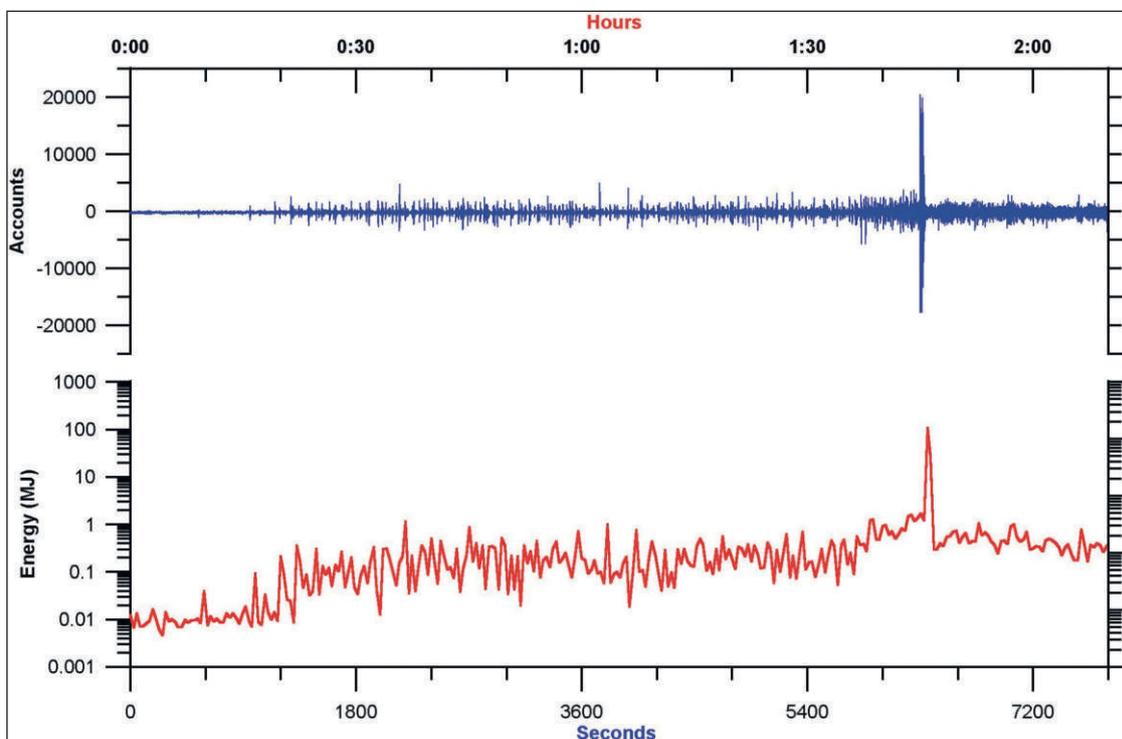


Figura 3.50 Explosión del 31 de agosto de 2006 a las 10:11 h en el volcán Ubinas. Durante los 90 minutos anteriores a la explosión, se observó un enjambre de LP.

Alerta de explosiones inminentes observando los eventos precursores de tipo LP

Señales LP precursoras (figuras 3.50 y 3.51) han ocurrido en forma de enjambres en general, con frecuencia durante las etapas I y III, así como en algunas ocasiones de la etapa IV. Dichas LP presentan las siguientes características generales:

- Su forma de onda es similar. Son señales emergentes que se amortiguan lentamente (figura. 3.51). Muchas veces tienen forma de huso.

- Presentan frecuencias de picos notorios. Muchos de esos enjambres tienen picos de 2,8 y 3,6 Hz. (figura 3.51).
- Se repiten cada minuto o menos, en promedio.
- La energía acumulada tiende a incrementarse momentos antes de la explosión. Se ha observado también incremento en la amplitud de los LP a medida que se acerca la explosión.

Haciendo uso del conocimiento de tales características, el IGP ha enviado con éxito avisos de «alerta de explosión inminente» a las autoridades encargadas de la gestión directa de la crisis (COERMoquegua), en diversas ocasiones.

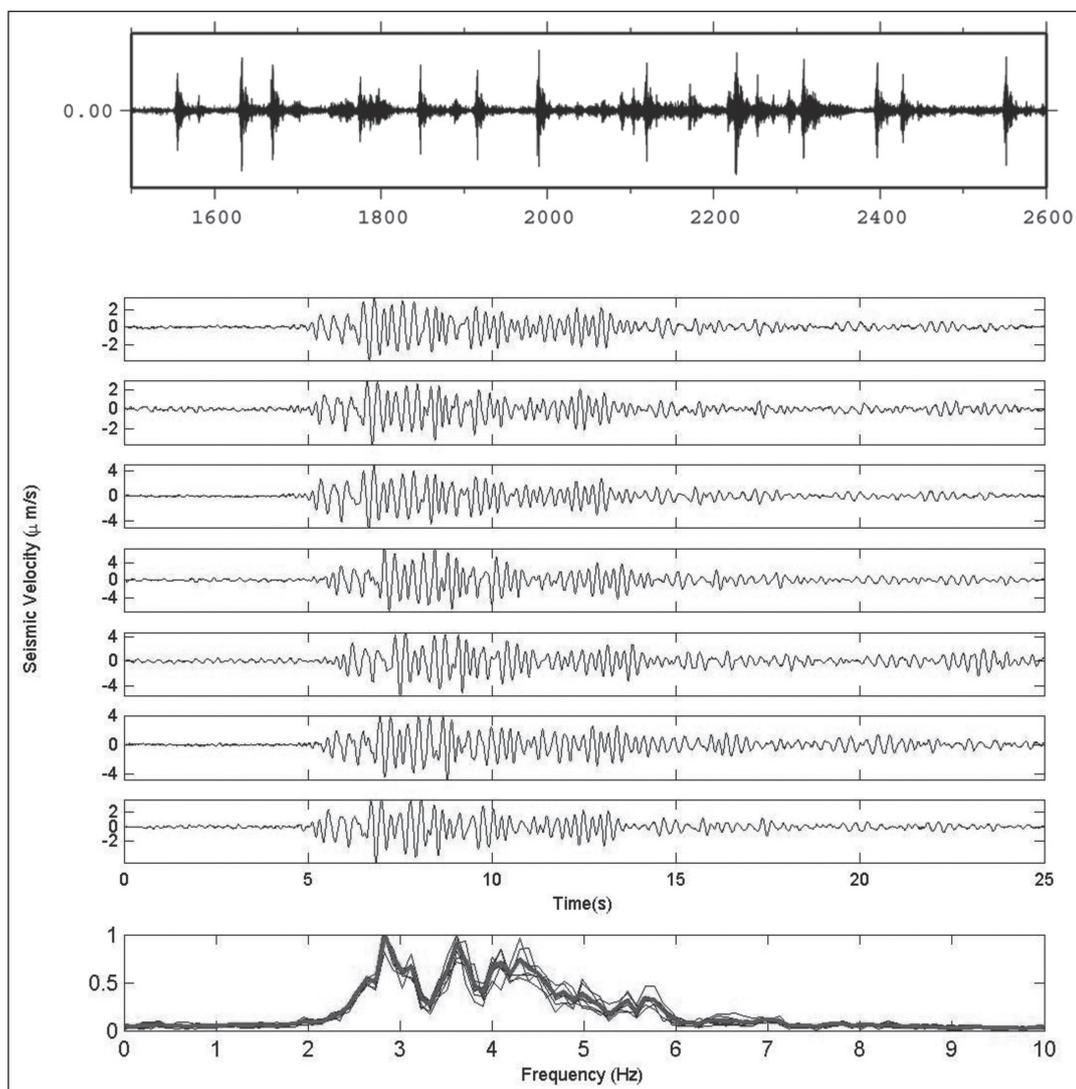


Figura 3.51 Enjambre de LP y su forma de onda característica registrada en la estación UB1. Los picos más frecuentes son los de 2,8 y 3,6 Hz.

Conclusiones del monitoreo sísmico

El análisis de los registros sísmicos de la red de estaciones digitales que el IGP opera desde inicios del proceso eruptivo muestra que los niveles de energía asociados a este proceso han sido bajos. Así, por ejemplo, las más fuertes explosiones alcanzaron cerca de 700 MJ de energía. Los principales tipos de sismos registrados en esta erupción son los LP, tremores y explosiones. Hay muy pocos sismos VT. En los inicios del

proceso eruptivo se observó aumento sostenido de la sismicidad llegando a su máximo a fines de agosto de 2006. A partir de entonces la actividad sismovolcánica ha ido decayendo paulatinamente, pero sobre todo a partir de fines de octubre 2006, con pequeños lapsos de incremento de actividad. El análisis de las señales LP que frecuentemente ocurrían antes de explosiones, permitió dar numerosos avisos de «alerta de explosión» a las autoridades de Defensa Civil.

MONITOREO GEOQUÍMICO DE FUENTES DE AGUA Y FUMAROLAS

Pablo Masías¹, Vicentina Cruz¹

¹ Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico

La presencia de un importante sistema hidrotermal en el volcán Ubinas se manifiesta a través de fuentes termales alrededor del volcán, emisiones de gases, sismicidad asociada a movimiento de fluidos, fragmentos líticos hidrotermalizados en los depósitos de las exposiciones, y visible debilitamiento del flanco sur, donde se presenta una fuerte hidrotermalización. El monitoreo geoquímico permite observar variaciones en parámetros fisicoquímicos en las fuentes de agua que tengan influencia del sistema hidrotermal de un volcán. La identificación de estas variaciones, así como de otros parámetros de monitoreo, pueden contribuir en el establecimiento de pronósticos en el proceso eruptivo, en este caso del volcán Ubinas.

Monitoreo de fuentes de agua

a) Metodología e instrumentación

El INGEMMET inició el monitoreo geoquímico de fuentes de agua y de las emisiones de gases volcánicos como el SO₂, el 16 de septiembre de 2005. Se monitorearon las variaciones de los siguientes parámetros: temperatura (T), potencial de hidrógeno (pH), conductividad eléctrica (CE), sólidos totales disueltos (TDS) y composición química de las sales disueltas en el agua

(aniones y metales disueltos) con la finalidad de pronosticar una posible erupción del volcán Ubinas (correlacionado con otras técnicas de monitoreo).

Inicialmente, las fuentes de monitoreo geoquímico asociadas al sistema del volcán Ubinas fueron 13, las que se ubican en un radio de 25 km desde el cráter (tabla 3.1 y figura 3.52), de ellas se midieron 2 en 2005; 12, en 2006; y 9, durante los años 2007 y 2008 (figura 4.53).

El muestreo se realizó regularmente cada mes y se intensificó en marzo de 2006 debido a la erupción del volcán Ubinas. Por su cercanía al cráter del volcán (5,7 km al SE), la fuente Ubinas Termal (UBT), se constituyó como la fuente más representativa (figura 3.54) y según los análisis químicos obtenidos en 1999 (Macedo *et al.*, 2002) parece ser que esta fuente tiene relación directa con la actividad del volcán, por presentar condensados volcánicos (Nicholson, 1993).

Por otro lado, en la fuente UBT se instalaron 2 equipos para el registro de temperatura: el primero, se instaló el 16 de septiembre de 2005, y está compuesto por un registrador Thermo Recorder RT-12, marca ESPEC, proporcionado por la Universidad de Tokio (Japón), un error de $\pm 0,5$ °C, una resolución de 0,100 °C y medición cada 15 minutos (figura 3.55); el segundo fue instalado el 22 de febrero de 2007 y está compuesto por un registrador HOBO U12-15, con un error de $\pm 0,22$ °C, una resolución de 0,025 °C y registro cada 15 minutos (figura 3.56).

Tabla 3.1

Ubicación de las fuentes de agua termales y frías donde se realizó el monitoreo geoquímico relacionado a la actividad del volcán Ubinas. Se utilizan coordenadas UTM, 19K.

N.º	Fuentes	Código	Latitud (UTM)	Longitud (UTM)	Altura (msnm)
1	Ubinas Termal	UBT	301,539	8.188,123	3.329
2	Ubinas Fría	UBF	301,549	8.188,125	3.329
3	Matalaque	MAT	305,545	8.177,217	2.495
4	Huarina	HUA	306,202	8.180,203	2.530
5	Lucco	LUC	313,588	8.197,183	3.070
6	Logen	LOG	286,120	8.201,236	4.475
7	Laguna Piscococha	PIS	291,592	8.192,501	4.380
8	Salinas Hito	SAH	271,202	8.191,300	4.336
9	Chiflón	CHF	301,017	8.187,700	3.437
10	Mariposa	MAR	269,629	8.187,475	4.102
11	Ispaypuquio	ISP	296,448	8.187,975	4.225
12	Ñuño	VOL	286,370	8.182,182	4.497
13	Chimpamoya	CHI	298,680	8.188,205	3.855

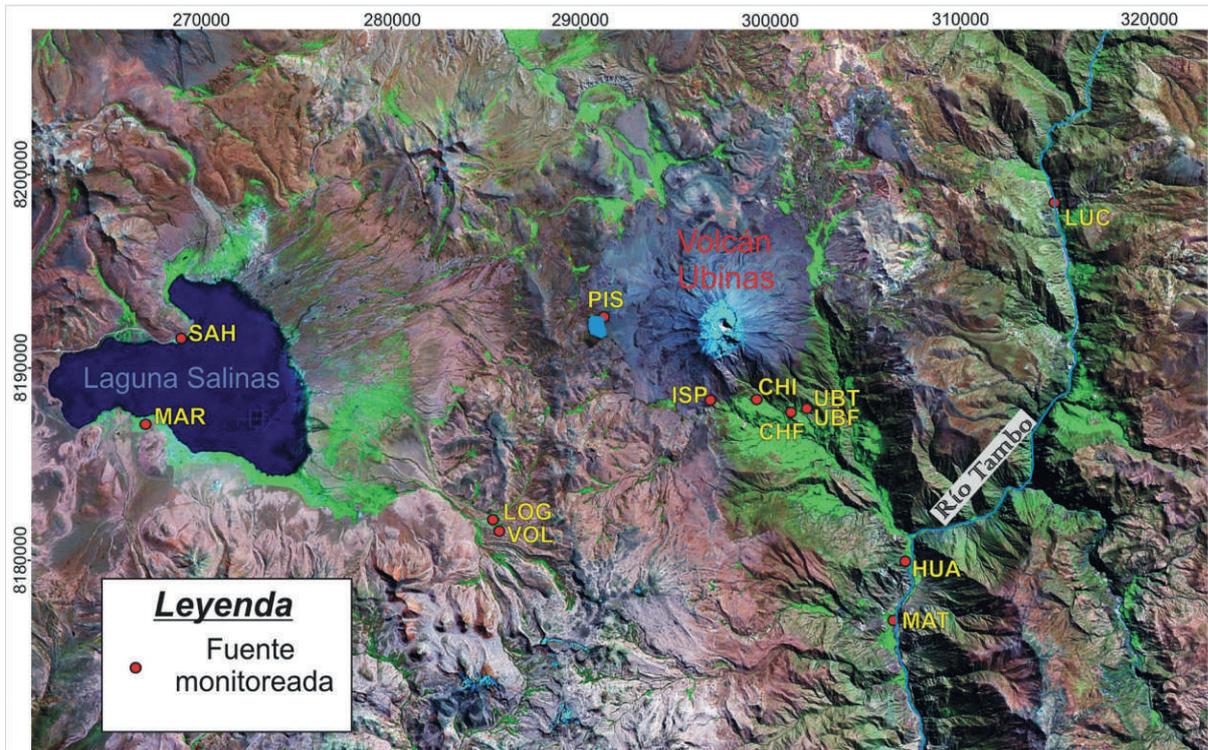


Figura 3.52 Imagen de satélite que muestra la ubicación de las fuentes de aguas termales y frías alrededor del volcán Ubinas.

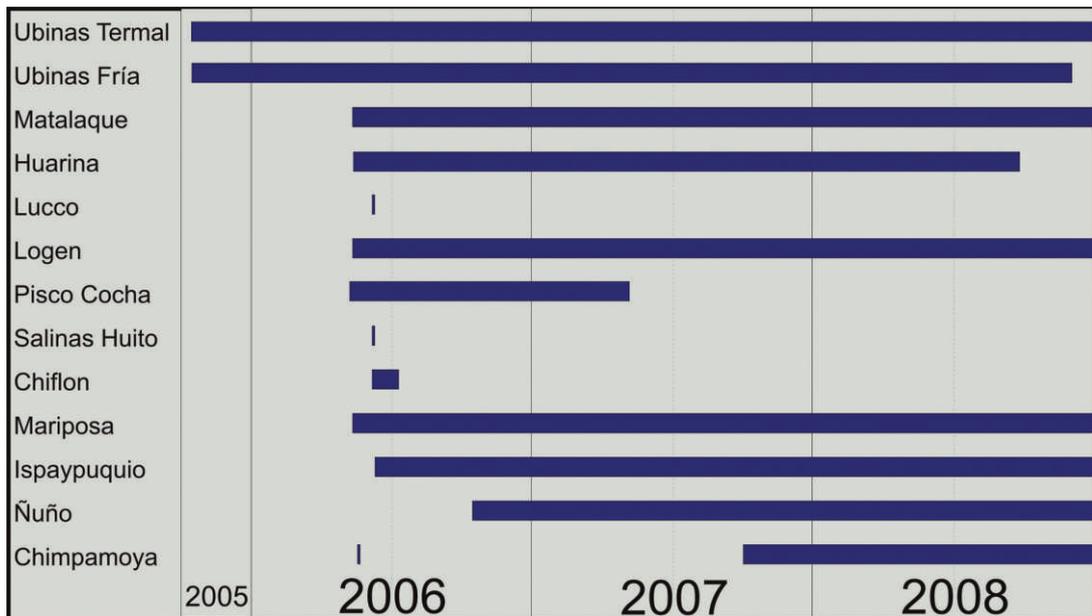


Figura 3.53 Periodo de monitoreo de las fuentes de agua termales y frías ubicadas alrededor del volcán Ubinas.



Figura 3.54 Foto de la fuente UBT, estación geoquímica donde se instalaron los equipos de monitoreo geoquímico.



Figura 3.55 Registrador de temperatura Thermo Recorder, marca ESPEC proporcionado por la Universidad de Tokio (Japón).



Figura 3.56 Registrador de temperatura HOBO U12-15, instalado en la estación de monitoreo Ubinas Termal.

Durante el muestreo de las fuentes de agua también se realizaron mediciones de los parámetros fisicoquímicos, como la temperatura (T) con un termómetro Termocupla (figura 3.57), la concentración de H^+ con un pH-metro CiverScan pH 310 (pH) (figura 3.58). A partir de febrero de 2007, se inició la medición de la conductividad eléctrica (CE) con un conductímetro HASH sensION5 (figura 3.59). Paralelamente, se realizó el muestreo de las fuentes de aguas termales y frías; para ello, se utilizaron 2 botellas de plástico limpias. La primera botella se destinó

para el análisis de aniones (iones: cloruros Cl^- , sulfatos SO_4^{2-} , bicarbonatos HCO_3^- , carbonato CO_3^{2-}), y la segunda botella se utilizó para coleccionar el agua para el análisis de metales disueltos (sodio, Na; potasio, K; calcio, Ca; magnesio, Mg, etc.); esta botella se filtró (poro $45 \mu m$) y se le agregó ácido nítrico HNO_3 1:1 hasta llevarlo a $pH = 2$ (figura 3.60). Posteriormente, las muestras tomadas se rotularon y fueron enviadas al Laboratorio del INGEMMET y laboratorios externos para los análisis químicos respectivos.



Figura 3.57 Medición de la temperatura en la fuente Ispaypuquio (ISP).



Figura 3.58 Medición del pH en la fuente Volcán (VOL).



Figura 3.59 Medición de la conductividad eléctrica en la fuente Mariposa (MAR).



Figura 3.60 Filtrado de las muestras para el análisis de metales disueltos.

b) Resultados de las mediciones de parámetros fisicoquímicos

En las siguientes tablas, se presentan los resultados de los parámetros fisicoquímicos medidos durante los años 2005 (tabla 3.2), 2006 (tabla 3.3), 2007 (tabla 3.4) y 2008 (tabla 3.5):

Tabla 3.2
Parámetros fisicoquímicos medidos en 2005

Fuente	Fecha	T (°C)	pH
UBT	16/09/2005	32,1	6,17
UBT	13/11/2005	29,6	6,50
Valor Promedio		30,9	6,34
UBF	16/09/2005	13,7	6,90
UBF	13/11/2005	13,7	6,50
Valor Promedio		13,7	6,70

Tabla 3.3
Parámetros fisicoquímicos medidos en 2006

Fuente	Fecha	T °C	pH	Fuente	Fecha	T °C	pH
UBT	10/01/2006	29,9	6,15	HUA	30/04/2006	38,1	7,00
UBT	20/02/2006	29,0	6,50	HUA	31/05/2006	38,1	6,80
UBT	05/04/2006	30,5	6,10	HUA	12/06/2006	37,9	7,00
UBT	21/04/2006	30,4	6,20	HUA	23/06/2006	37,8	6,00
UBT	12/05/2006	30,3	6,50	HUA	24/07/2006	37,6	6,86
UBT	30/05/2006	30,1	6,50	HUA	09/08/2006	37,2	6,85
UBT	07/06/2006	30,2	7,00	HUA	18/09/2006	38,1	7,00
UBT	12/06/2006	30,1	6,70	HUA	03/10/2006	38,1	7,00
UBT	23/06/2006	30,3	6,50	HUA	28/11/2006	34,9	6,50
UBT	24/07/2006	30,4	6,30			37,5	6,78
UBT	09/08/2006	30,2	6,17	LUC	29/04/2006	41,3	7,00
UBT	09/09/2006	30,4	6,60				
UBT	18/09/2006	30,2	6,50	LOG	02/05/2006	39,0	4,31
UBT	03/10/2006	30,3	6,30	LOG	12/05/2006	31,0	4,50
UBT	28/11/2006	30,7	6,50	LOG	06/06/2006	29,8	5,00
		30,2	6,43	LOG	24/06/2006	30,2	5,30
UBF	10/01/2006	14,5	7,56	LOG	11/08/2006	30,8	4,45
UBF	20/02/2006	14,0	6,50	LOG	19/09/2006	30,7	4,40
UBF	05/04/2006	12,5	7,82	LOG	27/11/2006	30,0	4,52
UBF	21/04/2006	11,8	6,00			31,6	4,64
UBF	30/05/2006	7,7	6,50	PIS	30/04/2006	9,6	6,00
UBF	06/06/2006	7,9	6,00	PIS	30/05/2006	15,7	7,00
UBF	23/06/2006	10,8	6,00	PIS	23/06/2006	9,8	6,70
UBF	24/07/2006	8,7	6,00			11,7	6,57
UBF	09/08/2006	11,5	7,75	CHF	02/05/2006	28,9	6,50
UBF	18/09/2006	12,0	6,80	CHF	31/05/2006	31,0	6,50
		11,1	6,69			30,0	6,50
MAT	01/05/2006	30,4	7,00	MAR	06/04/2006	32,4	7,00
MAT	31/05/2006	31,4	6,50	MAR	02/05/2006	32,3	6,70
MAT	22/06/2006	32,2	7,00	MAR	06/06/2006	31,5	6,50
MAT	24/07/2006	33,0	7,00			32,1	6,73
MAT	09/08/2006	33,7	7,00	ISP	22/04/2006	10,9	6,00
MAT	18/09/2006	32,9	7,00	ISP	01/05/2006	11,5	6,00
MAT	03/10/2006	32,6	7,00	ISP	12/05/2006	10,0	6,00
MAT	28/11/2006	32,6	6,50	ISP	06/06/2006	7,5	6,00
		32,4	6,88	ISP	23/06/2006	11,0	6,00
VOL	11/08/2006	20,1	3,59	ISP	19/09/2006	11,4	6,00
VOL	27/11/2006	19,4	5,50	ISP	27/11/2006	11,5	6,00
		19,8	4,55			10,5	6,00

Tabla 3.4
Parámetros fisicoquímicos medidos en 2007

Fuente	Fecha	T °C	pH	CE μS/cm	TDS mg/L	Fuente	Fecha	T °C	pH	CE μS/cm	TDS mg/L
UBT	17/07/2007	30,4	6,14	3.280	1.262	LOG	21/02/2007	31,7	4,00	1.527,0	674
UBT	29/07/2007	30,2	6,16	3.290	1.525	LOG	02/04/2007	31,2	4,38	1.515,0	664
UBT	25/08/2007	30,1	6,09	3.250	1.512	LOG	27/05/2007	30,6	4,54	1.479,0	662
UBT	16/09/2007	30,2	6,45	3.320	1.543	LOG	17/07/2007	29,2	4,39	1.460,0	658
UBT	25/10/2007	30,4				LOG	17/09/2007	31,2	5,00	1.495,0	667
		30,3	6,21	3.285	1.461			30,8	4,46	1.495,2	665
UBF	22/02/2007	16,7	6,85	604	358	MAR	21/02/2007	32,1	7,51	1.478,0	657
UBF	02/04/2007	15,2	7,83	413	247	MAR	27/05/2007	31,9	7,57	1.496,0	652
UBF	26/05/2007	8,9	7,50	402	295	MAR	17/07/2007	29,4	7,72	1.422,0	654
UBF	16/09/2007	10,8	6,63	456	304			31,1	7,60	1.465,3	654
UBF	25/10/2007	12,0				ISP	21/02/2007	11,5	5,77	441,0	270
		12,7	7,20	469	301	ISP	02/04/2007	11,7	6,81	404,0	266
MAT	23/02/2007	32,6	6,75	2.880	1.272	ISP	27/05/2007	11,4	6,64	401,0	266
MAT	25/05/2007	27,1	6,77	2.080	1.004	ISP	17/07/2007	11,4	7,15	400,0	264
MAT	16/09/2007	29,5	6,32	2.620	1.236	ISP	17/09/2007	11,6	7,24	407,0	269
		29,7	6,61	2.527	1.171			11,5	6,72	410,6	267
HUA	23/02/2007	34,5	7,00	2.688	1.178	VOL	21/02/2007	20,5	4,30	547,0	294
HUA	25/05/2007	33,7	6,80	2.990	1.132	VOL	21/02/2007	19,8			
HUA	16/09/2007	34,6	7,07	3.070	1.310	VOL	02/04/2007	20,0	3,58	536,0	295
		34,3	6,96	2.916	1.207	VOL	27/05/2007	20,3	3,54	544,0	296
PIS	02/04/2007	13,6	6,00	622	374	VOL	17/09/2007	20,3	4,00	539,0	292
								20,2	3,86	541,5	294

Tabla 3.5
Parámetros fisicoquímicos medidos en el año 2008

Fuente	Fecha	T °C	pH	CE μS/cm	TDS mg/L	Fuente	Fecha	T °C	pH	CE μS/cm	TDS mg/L
UBT	10/01/2008	30,2	6,21	3.190	1.485	LOG	11/01/2008	30,3	4,13	1.447	645
UBT	13/03/2008	30,1	6,04	2.730	1.389	LOG	13/03/2008	32,0		1.240	612
UBT	04/04/2008	29,9	6,19	2.770	1.414	LOG	22/04/2008	30,9	4,16	1.373	679
UBT	21/04/2008	30,1	6,13	2.990	1.530	LOG	17/06/2008	30,3	4,39	1.428	709
UBT	23/04/2008	30,3		2.940	1.503	LOG	24/07/2008	30,6	4,18	1.395	690
UBT	24/04/2008	30,0	6,04	2.980	1.524	LOG	17/08/2008	30,4	4,28	1.378	682
UBT	15/05/2008	30,0	6,03	3.010	1.539	LOG	24/09/2008	30,9	4,29	1.344	665
UBT	17/06/2008	30,3	6,02	3.050	1.560			30,8	4,24	1.372	669
UBT	25/07/2008	30,0	6,01	3.090	1.582	MAR	11/01/2008	31,5	7,22	1.428	661
UBT	17/08/2008	29,5	6,03	3.070	1.574	MAR	13/01/2008	31,8	7,55	1.296	639
UBT	24/09/2008	29,6	6,50	3.040	1.554	MAR	18/06/2008	33,1	6,59	1.373	680
		30,0	6,12	2987,272727	1514	MAR	23/07/2008	31,8	7,75	1.336	666
UBF	10/01/2008	11,9		373	244	MAR	17/08/2008	32,1	7,41	1.370	679
UBF	13/03/2008	12,9	7,08	448	236	MAR	23/09/2008	29,0	7,86	1.285	636
UBF	15/05/2008	10,2	6,88	632	308			31,6	7,40	1.348	660
UBF	17/06/2008	10,0	7,35	1313	659	ISP	10/01/2008	11,6	6,96	393	260
UBF	25/07/2008	4,2	7,12	529	290	ISP	13/03/2008	11,7		513	248
UBF	17/08/2008	5,4	7,05	609	296	ISP	24/04/2008	8,4	6,45	558	271
UBF	23/09/2008	10,4	7,46	596	298	ISP	17/06/2008	11,7	6,61	565	274
		9,3	7,15667	642,8571429	333	ISP	24/07/2008	11,6	6,83	570	277
MAT	17/06/2008	32,0	6,79	2630	1344	ISP	17/08/2008	11,1	6,78	567	275
MAT	25/07/2008	30,6	6,76	2.510	1.274	ISP	23/09/2008	11,0	7,05	560	271
MAT	17/08/2008	25,3	6,89	2.720	1.383			11,0	6,78	532	268
MAT	24/09/2008	25,2	7,01	3.180	1.634	VOL	11/01/2008	20,1	3,50	520	280
		28,3	6,86	2.760	1.409	VOL	13/03/2008	20,5	3,56	553	268
HUA	17/06/2008	35,6	6,82	2.640	1.341	VOL	22/04/2008	20,7	3,48	609	295
HUA	25/07/2008	34,4	6,76	2.610	1.327	VOL	17/06/2008	20,3	3,44	612	298
HUA	17/08/2008	32,9	6,91	2.620	1.329	VOL	24/07/2008	20,5	3,54	615	292
HUA	23/09/2008	32,8	7,04	2.640	13.440	VOL	17/08/2008	20,1	3,50	612	297
		33,9	6,88	2.628	4.359	VOL	24/09/2008	19,7	3,52	590	288
								20,3	3,51	587	288

La medición continua de la temperatura en la fuente UBT durante los años 2005 y 2006, se realizó con el registrador ESPEC. Los datos muestran que durante el año 2005 la temperatura de la fuente presentó un promedio de 30,12 °C (figura 3.61), alcanzando un pico máximo de temperatura de 32,5 °C el 13 de noviembre de dicho año, mientras que la temperatura medida periódicamente con el termómetro estuvo entre los 29,6 y 32,2 °C. En 2006, la temperatura obtenida sufrió las variaciones más grandes, aunque la temperatura promedio fue de 30,97 °C. Se observaron picos con temperaturas de 32,1 °C el 29 de marzo; 41,2 y 41,6 °C el 16 y 27 de abril; 32,5 y 42,9 °C el 6 y 27 de junio; 41,3 y 33,9 °C el 19 y 27 de julio y 33,3 °C el 8 de diciembre. La mayoría de estas variaciones se produjeron durante el periodo de máxima actividad. Estas variaciones no pudieron ser registradas por el termómetro manual, donde la temperatura se mantuvo entre 29,0 y 30,7 °C.

Entre 2007 y 2008 la medición continua se realizó con el registrador HOBO U12-15, cuyos resultados se observan en la figura 3.61. En este periodo se calculó la temperatura promedio en 29,81 °C en el 2007, y 29,59 °C en el 2008. Entre febrero y junio de 2007, octubre de 2007 y abril de 2008, la temperatura de la fuente UBT también presentó ligeras variaciones en sus valores, de 29,24 °C a 29,97 °C. Asimismo, se registraron dos disminuciones importantes en los valores de temperatura coincidiendo con los sismos de Pisco del 15 de agosto (Mw: 7,9) y de Tocopilla del 14 de noviembre (Ms: 7,7) (Masías *et al.*, 2008). Luego de los descensos producidos la temperatura fue incrementándose hasta alcanzar sus valores normales 2007.

En esta misma gráfica se puede observar los resultados de los análisis químicos, la mayor cantidad de datos se obtuvieron en el año 2006, durante el periodo más intenso de la crisis, tanto para aniones como para cationes, con el tratamiento estadístico que los ha autoescalado, para observar las variaciones más resaltantes. Los aniones (HCO_3^- , SO_4^{2-} , Cl^-) muestran variaciones que podrían considerarse precursoras; estas se observan inicialmente de septiembre a octubre de 2005 donde las variaciones de cloruros van de 0,5 a 2,0; mientras que los sulfatos se encuentran entre -5,0 y 0,5. Posteriormente, entre noviembre de 2005 y enero de 2006, todos los aniones presentan un comportamiento muy estable, cercano a 0,0 hasta febrero de 2006, donde nuevamente se presentan las variaciones, pero esta vez resaltan más las de los Cloruros, con valores que van de -1,0 a 6,5; mientras que los sulfatos varían entre -2,5 y 0,5. Durante estos periodos, los bicarbonatos se mantuvieron con una estabilidad relativa cercana a -0,5.

Entre marzo y diciembre de 2006, los sulfatos presentaron un comportamiento relativamente estable con variaciones mínimas, al igual que los bicarbonatos, con valores entre -1,0 y 0,5 en ambos casos; mientras que los Cloruros variaron de manera

diferente al periodo anterior, con valores entre -1,0 y 1,0, con 2 pulsos muy marcados de 2,2 el 24 de marzo de 2006 y de -3,2 el 30 de mayo de 2010.

Entre 2007 y 2008 la cantidad de resultados de análisis fue menor, pero se pudo notar un cambio drástico, los bicarbonatos variaron entre 1,5 a 3,0; los Cloruros variaron entre -2,5 y 2,0; los sulfatos entre -3,0 y 2,0. Estas variaciones se presentaron de una manera completamente diferente a las registradas antes y durante el periodo de mayor actividad.

Para el caso de los cationes (Ca, Mg, Na, K) no se contó con tantos resultados como en los aniones, los resultados para todos los cationes se mantuvieron entre -2,0 y 5,0, con 2 excepciones: la primera un aumento dramático del potasio a 4,8 el 12 de mayo de 2006, que coincide con el periodo de grandes explosiones; y la segunda se dio entre el 12 y 23 de junio, donde los valores fueron para Ca 2,3; Mg, 1,1; y K, 0,75. Estas variaciones no se repitieron, quizás debido a los pocos resultados obtenidos durante 2007 y 2008.

Con respecto a los otros parámetros físico-químicos, el pH mostró valores entre 7 y 6, los más cercanos a 7 en junio de 2006 y los más cercanos a 6 durante 2007 y 2008 (figura 3.61). La CE registrada desde febrero de 2007 a diciembre de 2008 mostró una clara tendencia al descenso, los valores registrados oscilaron entre 3300 y 2400 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Monitoreo geoquímico de fumarolas

El 10 de enero de 2006, el INGEMMET, en cooperación con el Observatorio Vulcanológico de Hawái USA (HVO), efectuó mediciones de la concentración del gas volcánico dióxido de azufre (SO_2) en las fumarolas emitidas por el volcán Ubinas. Las mediciones se realizaron con el equipo Espectrómetro de Correlación Ultravioleta, Flyspec (figura 3.62). Los resultados de las mediciones evidenciaron emisiones importantes de SO_2 , registrándose emisiones con una concentración máxima de 1500 ppm-m (Cruz, 2006), lo que representa un flujo aproximado de 640 Tn/día.

Posteriormente, el 11 de mayo del mismo año se realizaron nuevamente mediciones de SO_2 , con la misma metodología. Se registró una concentración máxima de 2800 ppm-m (figura 3.63), estimándose un flujo de 1200 Tn/día (Clegg, 2006).

Los resultados muestran que para mayo de 2006 los valores de las concentraciones máximas de SO_2 se incrementaron en casi 100%, respecto a enero del mismo año. Las emisiones reportadas en el volcán Galeras en Colombia el 5 de septiembre de 2007, con monitoreo continuo y el mismo método, mostraron valores entre 50 y 1615 Tn/día, pero la mayoría de las lecturas fueron menores a 800 Tn/día (Observatorio Vulcanológico de Pasto, 2007).

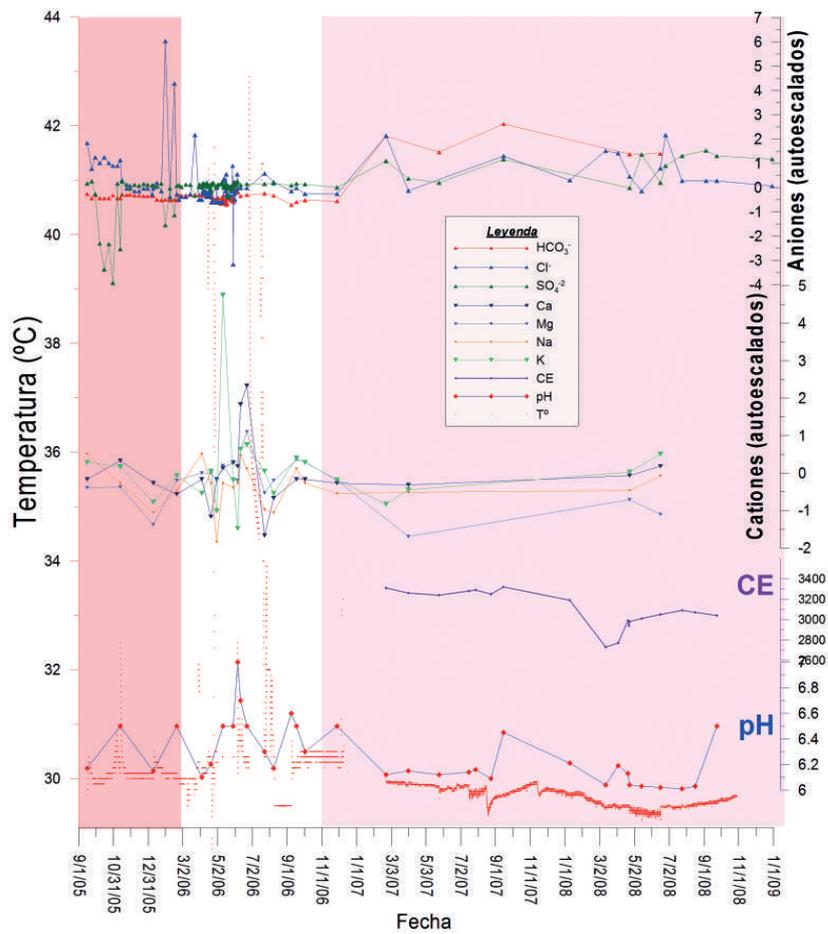


Figura 3.61 Gráfica que muestra la correlación de las concentraciones de cationes y aniones, con la temperatura, pH y conductividad eléctrica, de la fuente UBT. En blanco se resalta el periodo con las mayores variaciones, que coincide con el periodo de mayor actividad.



Figura 3.62 Foto del equipo Flyspec en la caldera del volcán Ubinas (Clegg, 2006).

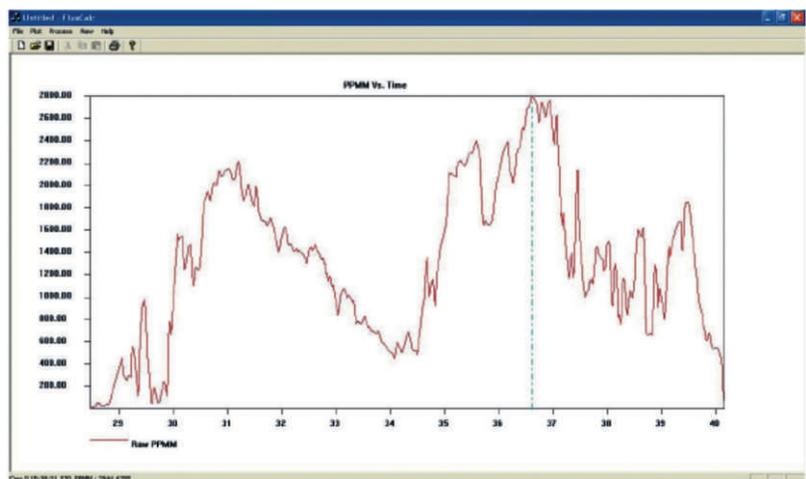


Figura 3.63 Gráfica de las concentraciones de SO₂ medidas el 11 de mayo de 2006 en las fumarolas del volcán Ubinas (Clegg, 2006).

MONITOREO DE LA DEFORMACIÓN DEL EDIFICIO VOLCÁNICO

Katherine Gonzalez¹, Yanet Antayhua¹, Jersy Mariño¹, Marco Rivera¹, Domingo Espinoza¹

¹ Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico

Estudios geológicos realizados por Rivera (1998) y Thouret *et al.* (2005) en el volcán Ubinas, evidenciaron que el flanco sur es la zona más inestable del volcán debido a que en el pasado geológico ha sufrido al menos dos eventos de colapso de flanco, razón por la cual el cráter se ubica muy cerca del flanco. Adicionalmente, las rocas están muy alteradas, además

el flanco sur posee una pendiente fuerte. En caso ocurra una erupción importante de este volcán, lo más probable es que esta zona colapse como ocurrió hace 3670 años \pm 60 A.P. (Rivera, 1998), afectando a las localidades asentadas a lo largo del valle de Ubinas.

A fin de monitorear los cambios que puedan suceder en el flanco sur, como consecuencia de la intensa actividad volcánica presentada desde marzo de 2006, el INGEMMET efectuó el monitoreo de deformación utilizando la Estación Total WILD y el Distanciómetro Laser DISTOMAT WILD DI 2002 (figura 4.64), y aplicó el método de Interferometría Radar (INSAR) en cooperación con el CONIDA (Mariño *et al.*, 2006).



Figura 3.64 Estación Total y Distanciómetro Laser utilizado en el monitoreo de deformación del flanco sur del volcán Ubinas.

Monitoreo de la deformación utilizando Estación Total y Distanciómetro

En la tabla 3.6, se presenta la ubicación de prismas y el punto de medición de deformación del volcán Ubinas utilizando la Estación Total WILD.

Para efectuar el monitoreo de deformación utilizando la Estación Total y el Distanciómetro, se instalaron 3 prismas sobre roca firme en el flanco sur (figura 3.67). La toma de datos se realizó desde el punto 0, instalado en roca firme, donde se construyó un pequeña base de concreto (figura 3.65).

Tabla 3.6
Principales características de los puntos de control del monitoreo de deformación del flanco sur del volcán Ubinas

Punto	Coordenadas (UTM)		Características
Punto 0	298215 E	8189011 N	Punto de medición
Punto 1	297525 E	8189830 N	Ubicación de prisma
Punto 2	297672 E	8190157 N	Ubicación de prisma
Punto 3	298133 E	8189945 N	Ubicación de prisma

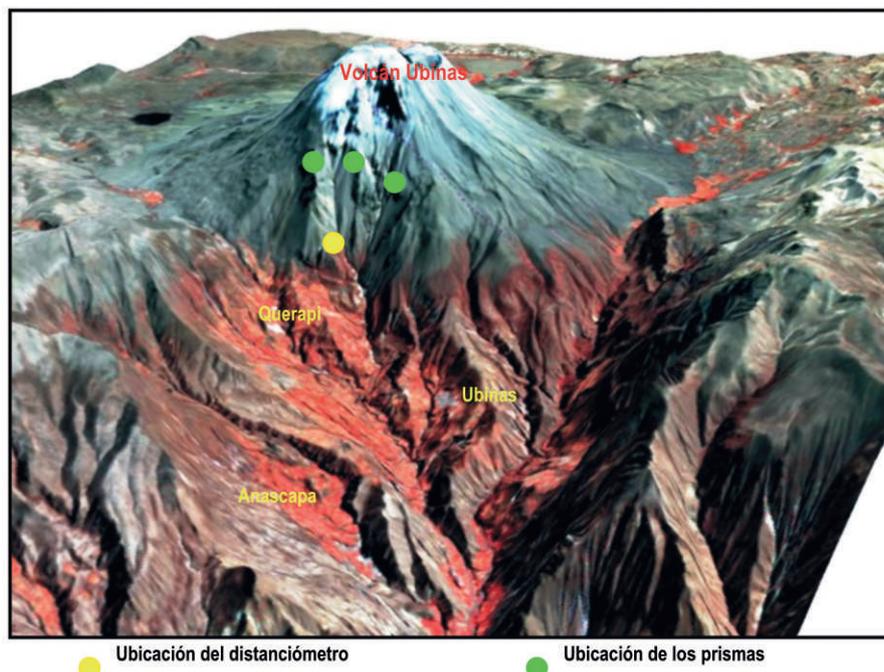


Figura 3.65 Ubicación de los 3 prismas en el flanco sur del volcán Ubinas (color verde) y del punto de control desde donde se realizaron las mediciones (color amarillo).

En la tabla 3.7, se presentan los datos obtenidos del monitoreo con la Estación Total y corresponden a 3 mediciones de distancias, ángulos horizontales y verticales efectuadas el 19 y 27 de mayo, y 6 de junio de 2006, desde el punto 0 hasta los puntos 1, 2 y 3. El análisis de los resultados muestra que no se produjeron cambios importantes y por tanto no se habría

producido deformación durante el periodo de medición. Por otro lado, el número de mediciones es muy limitado, en ese momento no se pudo mejorar el método de monitoreo debido a la falta de personal especializado. Se decidió incluir este acápite, ya que sirvió de base para la implementación de la futura red de monitoreo geodésico.

Tabla 3.7
Resultados obtenidos de la medición de distancias y ángulos con la estación total y distanciómetro

Distancias	19 de mayo	27 de mayo	9 de junio
Distancia al punto 1	1 366,457 m	1 366,428 m	1 366,544 m
Distancia al punto 2	1 401,995 m	1 401,983 m	x
Distancia al punto 3	976,264 m	976,246 m	976,311 m
Ángulos			
Ángulo horizontal punto 1 y 2	33°51'41"	33°52'55"	33°50'58"
Ángulo horizontal punto 1 y 3	54°08'38"	54°11'30"	54°08'47"
Ángulo vertical punto 1	61°57'46"	61°57'52"	61°57'50"
Ángulo vertical punto 2	64°58'16"	64°58'08"	64°57'48"
Ángulo vertical punto 3	73°45'37"	73°45'42"	73°45'24"
Altura instrumento	97,2 cm	99,8 cm	45,0 cm

Monitoreo utilizando el método de Interferometría de Radar (InSAR)

El monitoreo de deformación del volcán Ubinas mediante el método de Interferometría Radar (InSAR) fue realizado por el CONIDA en cooperación con el INGEMMET. Con este propósito, se adquirieron imágenes radar del satélite ENVISAT del 4 de diciembre de 2004 y del 13 de mayo de 2006. Esta imagen también abarcó el área del volcán Ticsani.

El procesamiento de ambas imágenes adquiridas en diferente periodo permitió obtener el interferograma correspondiente

(figura 3.66). El análisis del interferograma no muestra un proceso de deformación en el edificio volcánico del Ubinas, aún cuando en el periodo que involucra el procesamiento de imágenes se observó en el cráter del volcán un cuerpo de lava. En la zona cercana al volcán Ticsani, por el contrario, sí se observa claramente deformación de aproximadamente 10,31 cm (Gonzales, 2006) sobre un área de 9 x 14 km, orientada en dirección NO-SE. Esta deformación posiblemente esté asociada a la actividad tectónica de la zona, como producto del sismo ocurrido el 1 de octubre de 2005 (Mb: 5,4), cuyo epicentro fue localizado a 3 km de la localidad de Calacoa (Rivera *et al.*, 2006).

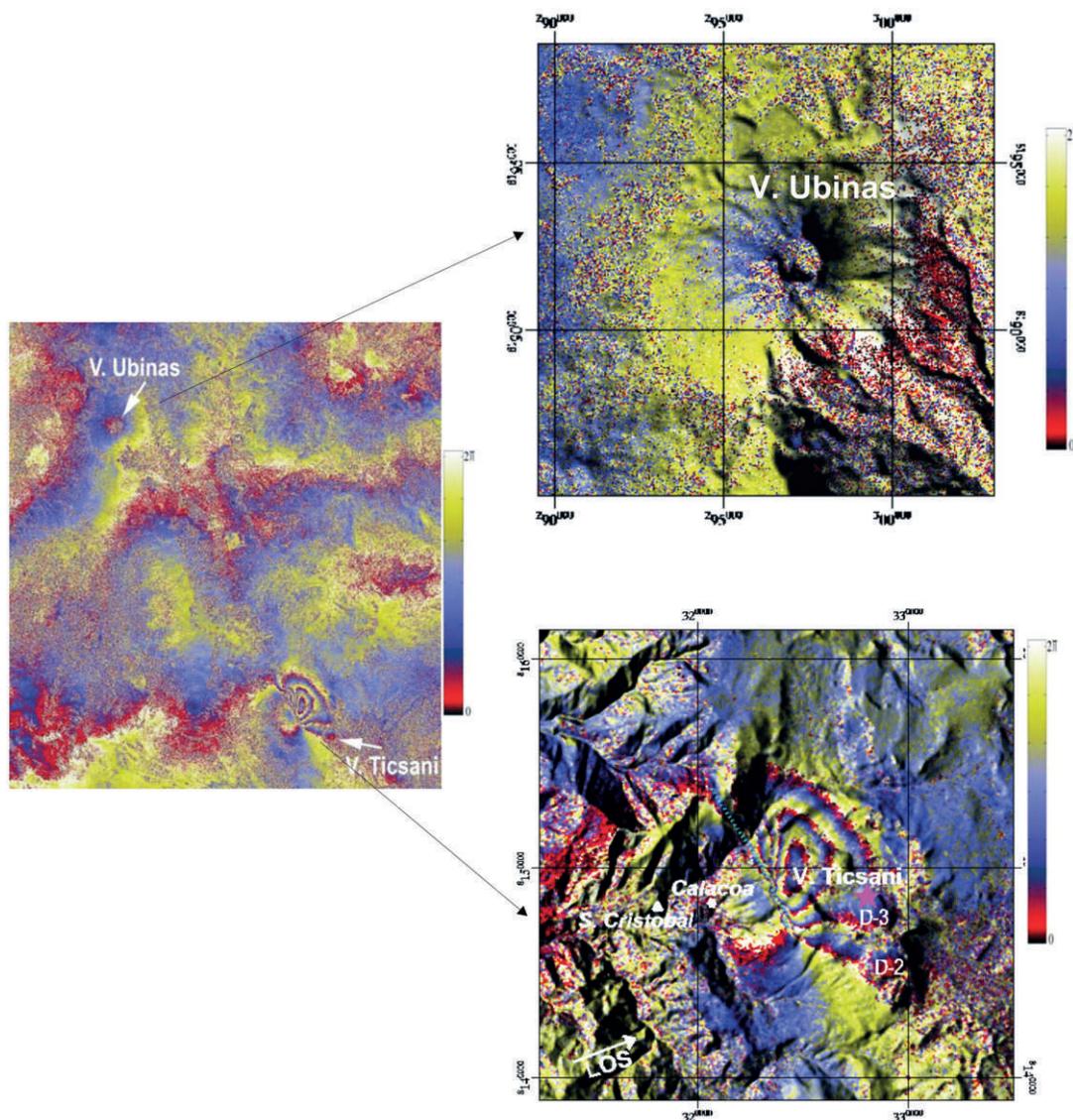


Figura 3.66 Interferogramas obtenidos para los volcanes Ubinas y Ticsani. La disposición de las franjas de color rojo y azul evidencia la existencia de deformación en el volcán Ticsani. En el volcán Ubinas, no se ha observado deformación. (Tomado de Gonzales, 2006).

MONITOREO DE ANOMALÍAS DE TEMPERATURA DEL EDIFICIO VOLCÁNICO UTILIZANDO IMÁGENES DE SATÉLITE GOES

Yanet Antayhua¹, Lourdes Cacya¹

¹ Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico

El monitoreo de anomalías térmicas del volcán Ubinas se realizó utilizando las bandas termales de las imágenes satelitales GOES (<http://goes.higp.hawaii.edu>) del Instituto de Geofísica y Planetología de Hawaii (EE.UU.).

El análisis de las imágenes inicialmente fue realizado por personal del Instituto de Geofísica y Planetología de Hawaii y enviado vía correo electrónico al INGEMMET y el IGP.

Esta información corresponde al periodo comprendido del 8 de mayo al 13 de agosto de 2006. A partir del 14 de agosto hasta el 31 de diciembre de 2006, el análisis se realizó en el INGEMMET, considerando los reportes enviados por el Instituto de Geofísica de Hawaii y la clasificación presentada en Mariño *et al.* (2006). Las anomalías térmicas fueron clasificadas en función del color y grado de nitidez del pixel: a) sin datos, cuando no se dispuso de las imágenes GOES; b) sin anomalía, no se observó ninguna anomalía; c) anomalía baja, se observa ligeramente un cambio de color del pixel; d) anomalía media, cuando fue detectada el pixel claramente en imágenes tomadas de día o de noche; y e) anomalía alta, cuando se presentó muy intensa (pixel rojo a brillante), ya sea de día o de noche (figura 3.67).

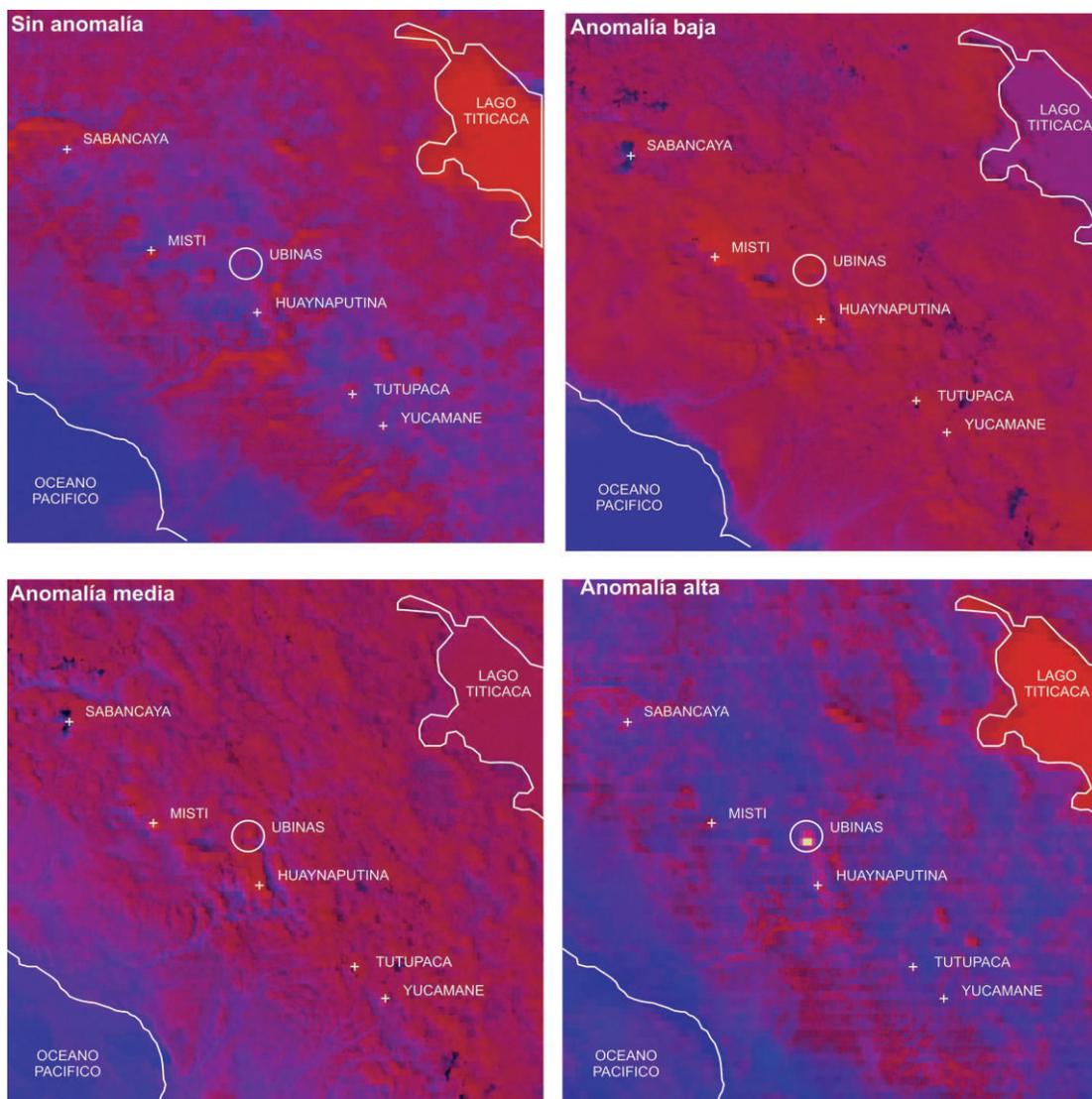


Figura 3.67 Clasificación de las anomalías térmicas observadas en el volcán Ubinas: sin anomalía, anomalía baja, anomalía media y anomalía alta. También se consideran los periodos en que no se dispusieron de las imágenes GOES.

En la figura 3.68, se presentan los resultados obtenidos del monitoreo de anomalías térmicas del volcán Ubinas desde el 8 de mayo hasta el 31 de diciembre de 2006. En esta figura se observa que entre el 16 de mayo y el 24 de agosto de 2006, se detectaron anomalías medias y altas, además de algunos días con anomalías bajas. Las anomalías altas se presentaron los días 30 de mayo a las 22:31 h (figuras 3.68 y 3.69) y 14 de julio a las 01:01 h (figuras 3.68 y 3.70). Desde fines de agosto hasta diciembre de 2006, predominan periodos con carencia de anomalía y con baja anomalía. En este periodo son pocos los días donde se observan anomalía media.

La predominancia de anomalías térmicas medias a altas en el periodo del 16 de mayo al 24 de agosto coincide con la etapa de mayor actividad volcánica. Durante los días 29 y 30 de mayo, fueron reportadas hasta 9 explosiones, las cuales sucedieron en fechas cercanas al 30 de mayo, donde se identificó una anomalía alta. Del mismo modo, durante los días 13, 14 y 16 de julio de 2006, ocurrieron hasta 8 explosiones, las cuales también sucedieron en fecha cercana al 14 de julio, fecha en que se identificó una anomalía alta.

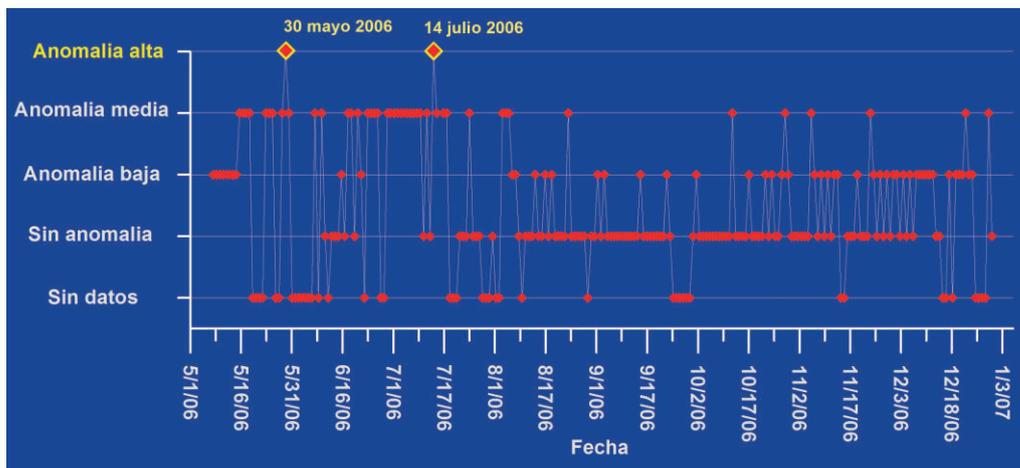


Figura 3.68 Anomalías térmicas en el volcán Ubinas, registradas en las imágenes GOES, entre el 8 de mayo y 31 de diciembre de 2006.

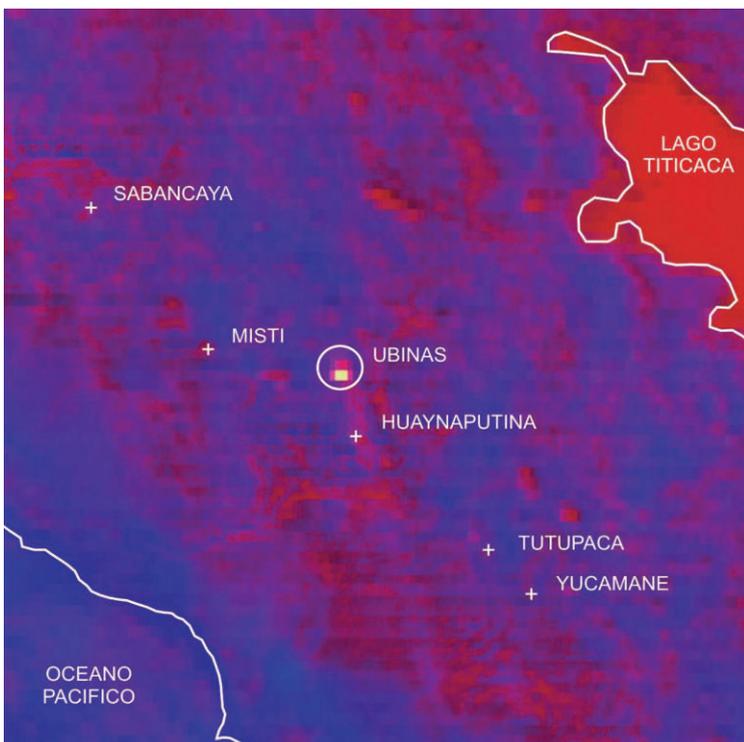


Figura 3.69 Anomalía térmica alta registrada por el satélite GOES, el 30 de mayo a las 22:31 h (31 de mayo, 03:31 GMT). El pixel rojo (dentro del círculo blanco) es la anomalía.

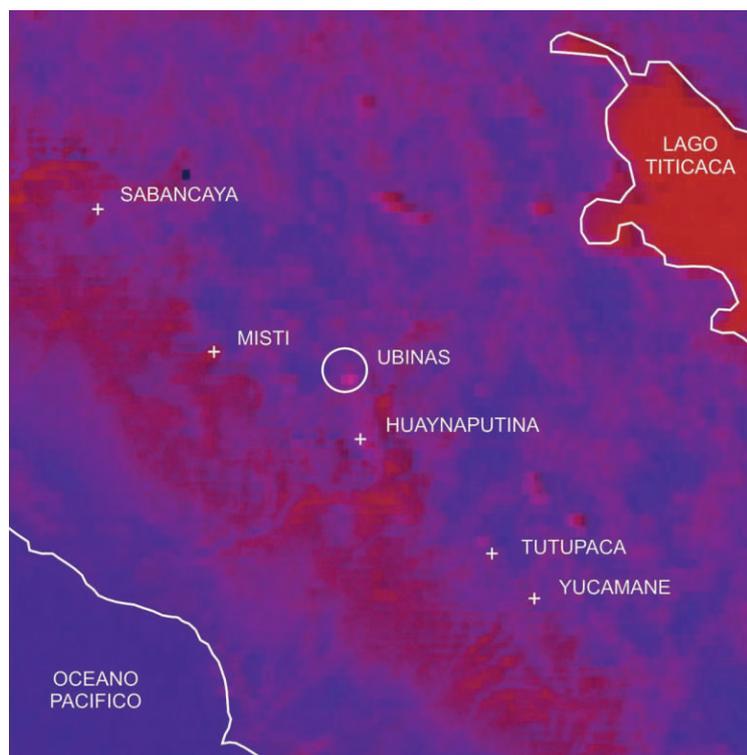


Figura 3.70 Anomalía térmica alta registrada por el satélite GOES, el día 14 de julio a las 01:01 h (06:01 GMT).

OBSERVACIONES DEL LAHAR OCURRIDO EL 17 ENERO DE 2007

Orlando Macedo¹ y Edu Taipe¹

¹ Instituto Geofísico del Perú

Lahar es un término indonesio que describe una mezcla de agua, ceniza volcánica y fragmentos rocosos que descienden por las pendientes, siguiendo el lecho de los ríos, a velocidades que varían según las características del terreno y la cantidad de agua involucrada. Se han reportado velocidades que van desde algunos metros por segundo hasta más de 60 km/h (Tilling y Punongbayan, 1993). Es muy común que en un volcán en erupción se generen lahares, pues basta que ocurra una fuerte lluvia o que se deshielen rápidamente sus cumbres nevadas para que los depósitos volcánicos situados en los flancos del edificio volcánico sean removilizados por el agua y se precipiten pendiente abajo.

El 17 de enero de 2007 a las 14:00 h aproximadamente, en las cumbres del volcán Ubinas, que se hallaba en esos momentos con nieve por encima de los 4800 m, se formó un lahar que descendió por el sector sur y sureste. El lahar se desplazó por la quebrada Volcanmayo y prosiguió por más de 10 km siguiendo el río Ubinas y llegó al río Tambo. El camino seguido por el lahar era previsible. En efecto, basta observar la topografía y la red hidrográfica en la zona próxima al volcán para comprender inmediatamente que en caso de formarse un lahar en la parte alta del volcán, este

podría descender principalmente por el abrupto sector sureste, siguiendo prácticamente las mismas rutas que habitualmente toman los fuertes torrentes de agua o de lodo y rocas (huaicos) que se observan en cada verano. En años anteriores, los estudios geológicos realizados en el marco del convenio IGP-IRD (Rivera *et al.*, 1997, 1998; Rivera, 1998) ya habían señalado que este fenómeno volcánico podía ocurrir durante una erupción. La figura 3.71 muestra el mapa de peligros volcánicos (Rivera *et al.*, 1998; Thouret *et al.*, 2005), donde se observa la trayectoria para lahares por las principales quebradas, concentrándose principalmente hacia el sector de la quebrada Volcanmayo y el río Ubinas.

Luego de casi 10 meses de erupción, en la parte superior del cono volcánico, se habría debido acumular un volumen mucho mayor de ceniza del que se observaba en enero de 2007. Sin embargo, afortunadamente no ocurrió así, principalmente por dos factores: (1) la erupción venía disminuyendo paulatinamente en los últimos meses, específicamente desde septiembre-octubre 2006 (Macedo *et al.*, 2006, 2009), de modo que el aporte de los materiales volcánicos (cenizas, etc.) por parte del volcán ha sido cada vez menor; (2) el clima muy seco de las alturas andinas entre abril y noviembre, combinado con la acción de los vientos, ha contribuido de manera importante a dispersar (trasladar en diferentes direcciones) un gran volumen de cenizas que habían sido depositadas sobre la parte superior del cono volcánico. Por tanto, al momento de ocurrir el lahar, no había el gran volumen de ceniza que hubiera podido existir.

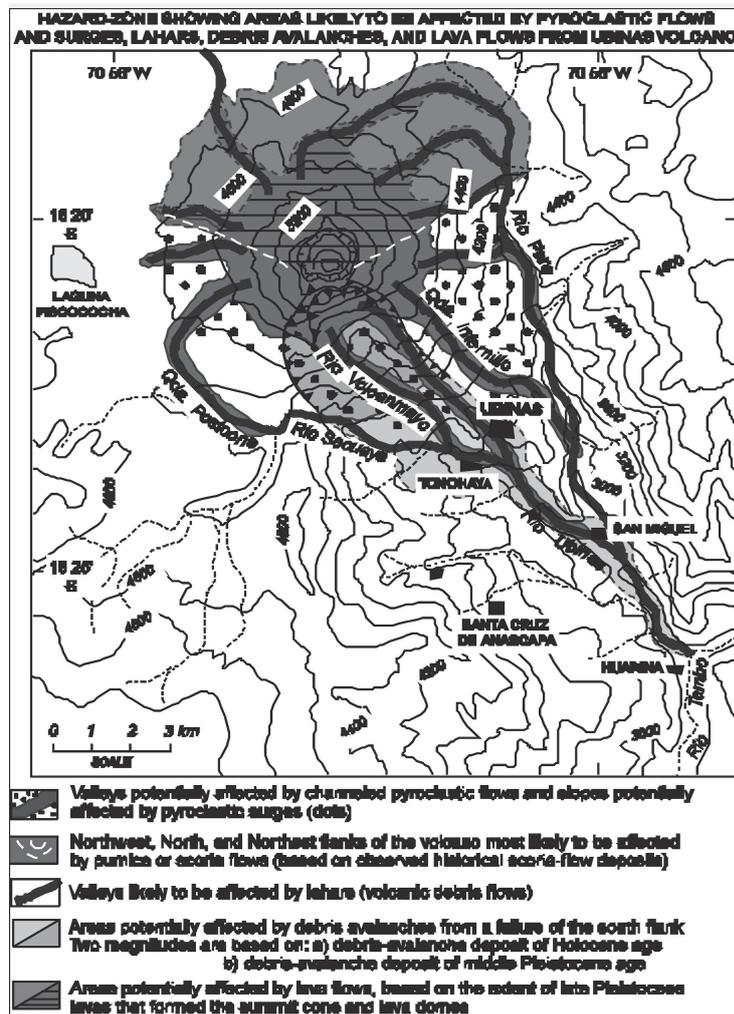


Figura 3.71 Mapa de peligros volcánicos del volcán Ubinas (Thouret *et al.*, 2005), donde el área marcada para lahares llega hasta el río Tambo. El lahar del 17 enero de 2007, aunque muy débilmente, llegó a alcanzar dicho punto.

Contexto en el que ocurrió el lahar

A continuación se hace un resumen del contexto en el que ocurrió el fenómeno del 17 de enero:

- a) Durante las 2 últimas semanas antes del día en que ocurrió el lahar hubo regulares precipitaciones pluviales en la zona del volcán. Esta información dada por los pobladores concuerda con los datos pluviométricos de la estación Salinas (SENAMHI, 2007) situada a 27 km al este del volcán (figura 3.72). Es así que en el volcán se observaba nieve por encima de los 4800 msnm aproximadamente (figura 3.73).
- b) El 16, día anterior a la ocurrencia del lahar, y el mismo día 17 no hubo lluvias, sino que al contrario, el tiempo estaba soleado. Los valores mínimos o nulos de precipitaciones pluviales desde el día 15 en adelante (figura 3.72) concuerdan también con lo expresado por los pobladores.
- c) El día 17 estaba soleado y despejado. Alrededor de las 14:00 h aproximadamente, los pobladores del valle de Ubinas percibieron ruidos extraños que provenían en la dirección del volcán. Los ruidos podían ser escuchados tanto a proximidades del volcán como a distancias tan lejanas como Anascape, localidad situada a 10 km al sureste del volcán. También se observaba cómo la nieve, que estaba ampliamente distribuida en la cumbre, comenzaba a desaparecer al tiempo de producirse los ruidos. Al término de producirse los ruidos, aproximadamente al cabo de 3 horas, el volcán ya no presentaba el color blanquecino de la nieve que lo recubría, sino que quedó grisáceo (figura 3.73).

- d) Poco después de iniciado los ruidos, por la zona del flanco sureste, empezó a descender gran cantidad de lodo y grandes bloques rocosos de hasta varios metros de diámetro, con mucho estrépito y haciendo temblar la tierra. Aunque los testigos entrevistados se encontraban a cientos de metros de distancia, sus descripciones permitieron estimar que la velocidad de desplazamiento en las partes altas de la quebrada Volcanmayo fue de más de una decena de metros por segundo. La gente de las proximidades se alarmó muchísimo, y se alejó o dirigió hacia las partes altas para resguardarse.
- e) En las partes bajas del valle, por ejemplo, San Miguel, testigos entrevistados observaron cómo hacia las 15:30 h llegaba, en forma de «oleadas», lodo y piedras grandes de hasta de 1-1,5 m de diámetro y excepcionalmente mayores. Por momentos la velocidad de desplazamiento de la masa disminuía hasta casi detenerse, y luego llegaban nuevos frentes y podían alcanzar velocidades aproximadas de 6 metros por segundo (estimado en la zona de San Miguel, al entrevistar a un testigo que dio datos minuciosos).

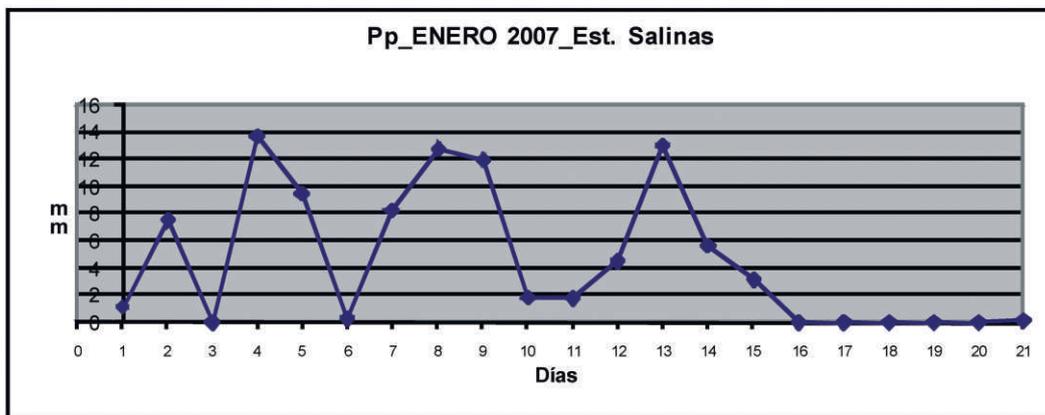


Figura 3.72 Precipitación pluvial en milímetros, registrada en la zona del volcán Ubinas (SENAMHI-Arequipa). Este dato confirma lo que observaron los habitantes del valle de Ubinas, en el sentido que antes del día 17 había nieve acumulada sobre la zona de cumbre.



Figura 3.73 La foto de la izquierda (cortesía de J. Acosta) tomada el 13 muestra al volcán cubierto por nieve, antes de la ocurrencia del lahar. La foto de la derecha fue tomada el 21. Los testigos refieren que la mayoría de la nieve que aparece en la foto de la izquierda desapareció durante la tarde del 17 de enero.

Registros sísmicos del lahar

La estación sísmico-telemétrica UBI (1 Hz, componente vertical) del IGP, registró el evento del 17 de enero. Según los sismogramas, el lahar se inició a las 14:15 h, hora local y finalizó a las 17:07 h.

Un lahar, al trasladar gran cantidad de materiales (rocas, ceniza y agua), genera vibraciones importantes del suelo por donde discurre. En los registros sísmicos de UBI, dichas vibraciones tienen una firma diferente a las vibraciones de los tremores frecuentemente registrados durante la erupción del volcán Ubinas (Macedo *et al.*, 2006, 2009). La figura 3.74 muestra el registro sísmico completo del lahar y el registro de un tremor

típico en el volcán Ubinas ocurrido pocas horas más tarde. A diferencia de los tremores típicos, el lahar generó señales caracterizadas por variaciones en la amplitud de la onda registrada, a modo de *pulsaciones* de mayor energía. Por otro lado, aunque el sensor es de periodo corto, se pueden comparar sus respectivos espectros y establecer algunas características notorias. Así, en la figura 3.75 se muestran los espectros de frecuencia correspondientes a los registros de la figura 3.74. Se puede observar que, si bien ambos eventos incluyen un amplio rango de frecuencias, para el caso del lahar la señal contiene un amplio rango de frecuencias (ruido blanco); mientras que en el caso del tremor, la señal contiene más bien picos definidos (4,2, 4,0, 3,6, 3,1, 4,5, 4,9 y 5,3 Hz.).

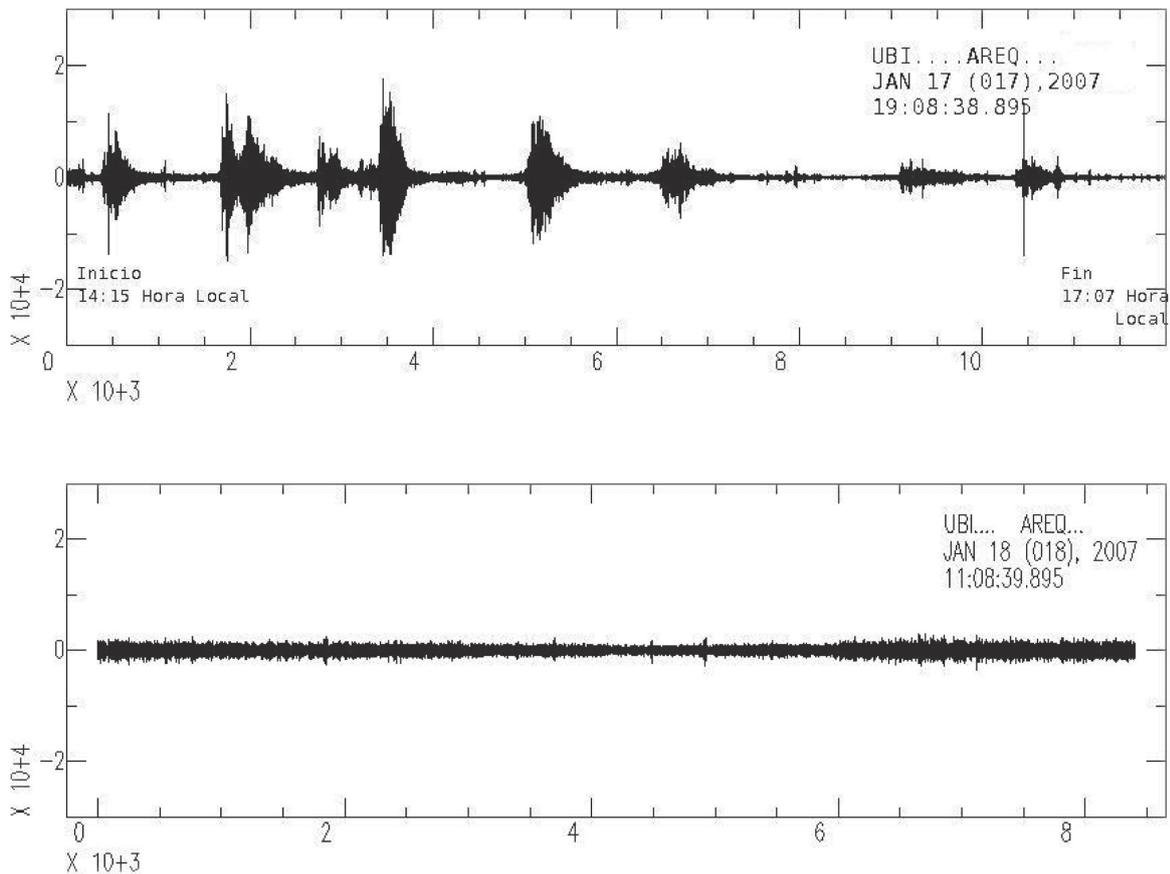


Figura 3.74 Forma de onda del lahar del 17 de enero de 2007 (recuadro superior), que se distingue por presentar variaciones de la amplitud en el tiempo, o *pulsaciones*. Estas difieren notoriamente del registro de los tremores frecuentemente registrados en el volcán Ubinas (recuadro inferior), cuyas amplitudes se presentan de manera más regular.

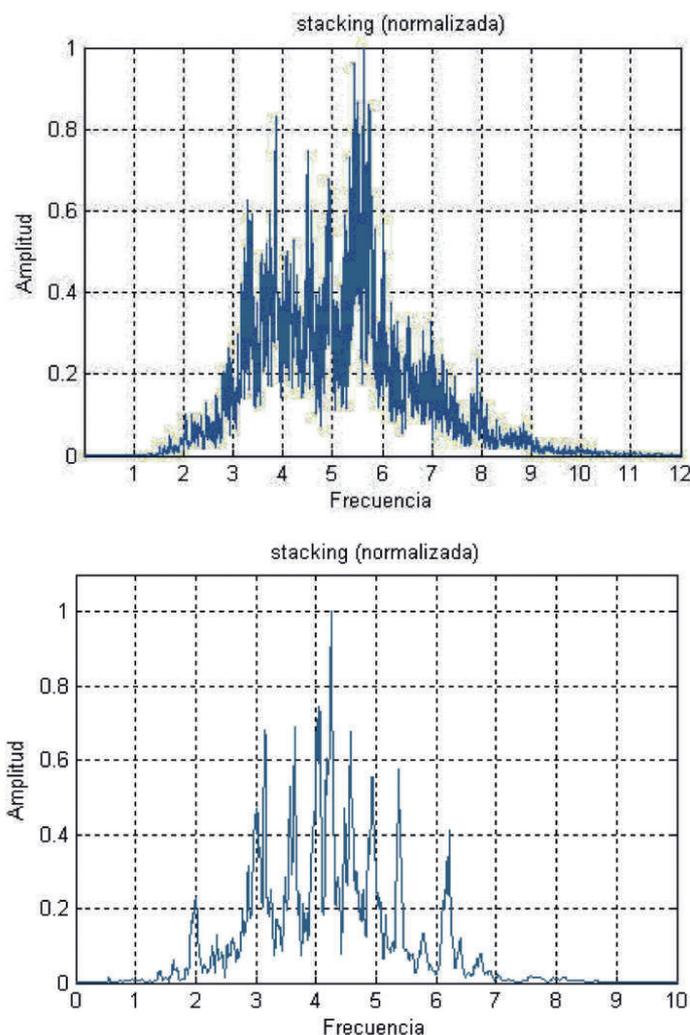


Figura 3.75 Stacking del espectro de frecuencias de señales sísmicas del lahar del 17 de enero (recuadro superior), y de señales sísmicas de tremores registrados en el volcán Ubinas (recuadro inferior). La diferencia en el contenido espectral es notoria: en el caso del lahar corresponde a ruido blanco, es decir, señal contiene un amplio rango de frecuencias; en el caso del tremor tiene más bien picos definidos (4,2, 4,0, 3,6, 3,1, 4,5, 4,9 y 5,3 Hz.).

Observaciones durante la misión de campo

Los días 20 y 21 de enero de 2007, el IGP organizó una misión a la zona del volcán Ubinas a fin de realizar observaciones de los depósitos del lahar y de recabar información relevante de testigos presenciales del fenómeno.

Se ha recorrido tanto la parte inferior del valle (inmediaciones de la confluencia del río Ubinas con el río Tambo) como la parte superior (zona de Querapi hasta el cruce de la carretera con Volcanmayo) y se han realizado observaciones, aunque la última zona solo fue observada rápidamente y sin detalle por falta de tiempo.

En la parte de Querapi, se ha observado que una parte del lahar ha desbordado por varias decenas de metros al cauce de una quebrada. En el cruce de la carretera a Ubinas y la quebrada Volcanmayo, los materiales arrastrados por el lahar han sido importantes. Grandes bloques rocosos de hasta varios metros de diámetro se encuentran en las inmediaciones del cauce, así como gran cantidad de lodo. En el mismo cruce de la carretera con la quebrada, se ha abierto un forado que ha cortado la carretera y cuyas dimensiones se estimaron en unos 15 metros de profundidad y 20 metros de ancho.

En la parte media e inferior del valle, se han efectuado observaciones de los depósitos del lahar en cinco puntos (figura 3.76). A continuación se describen dichas observaciones.

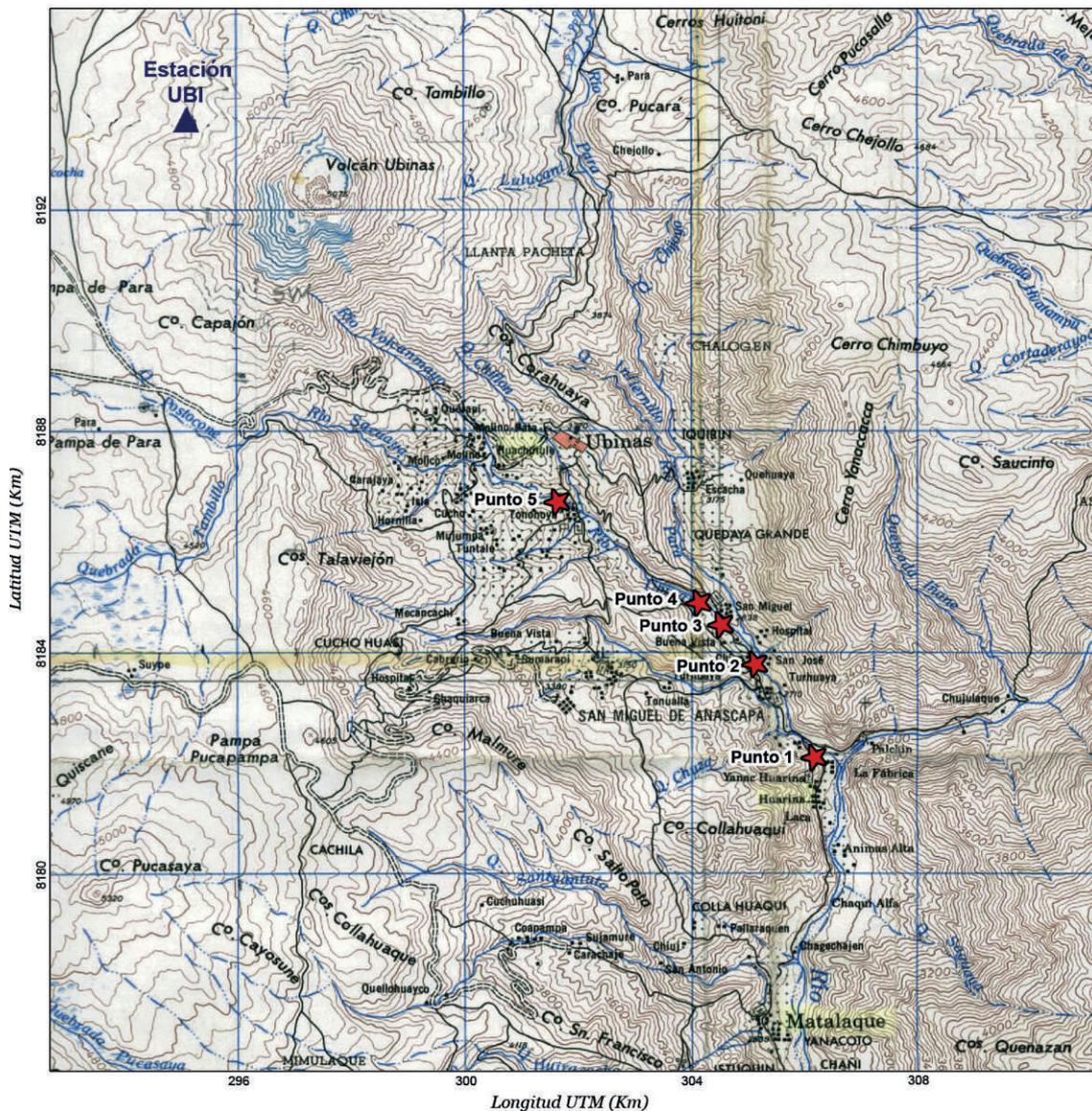


Figura 3.76 Mapa de la zona de observaciones. En los 5 puntos marcados con estrellas se han realizado observaciones. El triángulo azul marca la posición de la estación sísmica UBI del IGP, que registro el fenómeno.

Observaciones en el punto 1. Corresponde a la zona terminal del valle del río Ubinas (UTM N8182, E306; Datum SA1956). El ancho del cauce es amplio (unos 80-100 m de ancho), pero solo en su parte central discurre un poco de agua (figura 3.77). Los depósitos del lahar conformados por ceniza y bloques de hasta algunos decímetros de diámetro, tienen espesor de varios centímetros hasta cerca de 1 m o más en su parte central.

Observaciones en el punto 2. Corresponde a la zona de confluencia entre los ríos Para y Ubinas, próxima al poblado de San Miguel (UTM N8138, E305; Datum SA1956). En este

lugar, el ancho del cauce es más estrecho (60-70 m). Los depósitos, que se distribuyen irregularmente, en general son de mayor espesor que en el punto anterior. Las fotos de la figura 3.78 muestran el lugar durante la llegada de una de las oleadas del lahar y lo que ha quedado después de su paso. Se puede observar que en la segunda foto está ausente un buen volumen de material que llega por la parte central del cauce. Este material ha sido removido por posteriores descensos de agua. Pobladores del lugar señalan que el primer frente del lahar llegó a este lugar aproximadamente a las 15:30 h. La foto de la figura 3.30 muestra el arribo de un frente por esa zona.



Figura 3.77 Vista de la zona observada en el punto 1.

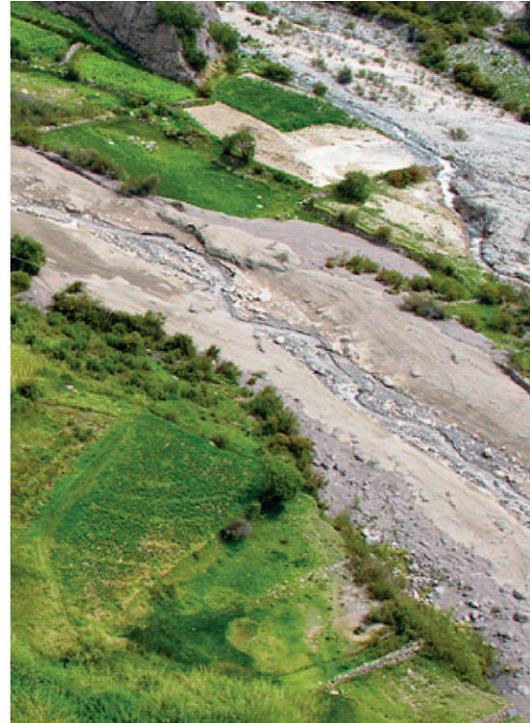


Figura 3.78 La foto de la izquierda (cortesía de J. Acosta) ha sido tomada en el preciso momento de la ocurrencia del lahar del día 17. Se observa una ola que llega por la parte central del cauce. La foto de la derecha fue obtenida el día 21, y muestra cómo quedó el cauce al término del fenómeno.

Observaciones en el punto 3. Corresponde a las inmediaciones del poblado de San Miguel (UTM N8184, E304; 2867 msnm, Datum SA1956). El cauce se presenta de unos 70 m de ancho y se nota que ha sido completamente llenado por sedimentos. Sin embargo, es en su parte central (del orden de 10-15 m y 1-2 m de profundidad) donde habría discurrido el mayor volumen del material. Según las observaciones aquí realizadas, se estima que la sección mínima de los sedimentos depositados en el cauce es de 20-25 m². La foto de la figura 3.79 muestra detalles de los sedimentos compuestos principalmente por ceniza y bloques.



Figura 3.79 Vista de detalle de los sedimentos en el cauce del río Ubinas a la altura del pueblo de San Miguel. Los sedimentos están compuestos mayormente por ceniza y algunos bloques decimétricos.

Observaciones en el punto 4. Corresponde a la zona del puente peatonal de San Miguel (UTM N8185, E304; 2870 m Datum SA1956), el cual está a unos 7 u 8 m por encima del fondo del río (figura 3.80). El puente tiene 40 m aproximadamente. En este lugar, hay marcas en las paredes del cauce, que indican que el lahar estuvo a unos 2 m de alcanzar el puente en su parte izquierda, es decir, que la altura de dichos materiales (ceniza y bloques decimétricos) habría alcanzado hasta 4 m en su parte de mayor envergadura.



Figura 3.80 Vista del cauce del río Ubinas a la altura del puente de San Miguel. El lahar estuvo a escasos dos metros de alcanzar el puente. La persona sobre el puente sirve de escala.

Observaciones en el punto 5. Corresponde a la zona del puente peatonal de Tonohaya (UTM N8187, E302, 3160 m). El puente está construido en una curva del río que discurre por un cauce muy estrecho y profundo (figura 3.81). Aquí la pendiente es mayor que en los anteriores puntos, por lo que el lahar seguramente discurrió a mayor velocidad, salpicando al chocar contra las altas paredes del cauce. Muchas de estas salpicaduras de lodo llegaron hasta el puente, como se puede apreciar en la figura 3.81.

Resultados y conclusiones

Los datos meteorológicos de la zona, así como las informaciones proporcionadas por los habitantes del valle de Ubinas, indican que en días previos y hasta horas antes de la ocurrencia del fenómeno existía nieve en las partes altas del volcán. Es decir, que los productos volcánicos depositados sobre los flancos del volcán durante los últimos meses, consistentes principalmente por cenizas, se encontraban recubiertos por un manto de nieve.

También se sabe que, a diferencia de días anteriores, en los dos últimos días previos al fenómeno (16 y 17 de enero) el tiempo estuvo despejado y soleado. Los registros meteorológicos de la zona indican que en los 15 días anteriores hubo precipitaciones pluviales; a la altitud en que se encuentra el volcán, dichas precipitaciones se dan mayormente en forma sólida (nieve, granizo). Estas precipitaciones perduran en estado sólido solo si el tiempo es cubierto, con nubosidad, de modo que la importante



Figura 3.81 Dos vistas de la zona del puente de Tonohaya. El lahar pasó con gran estrépito por este lugar. La foto de la derecha muestra las salpicaduras de lodo sobre el puente.

radiación solar, característica en esta zona del sur peruano, es fuertemente atenuada. Tales condiciones se dieron en los primeros quince días de enero, pero a partir del 16 la radiación solar llegó directamente a la nieve que se había acumulado.

Es muy probable, entonces, que a partir del 16 importantes volúmenes de nieve hayan pasado al estado líquido, de modo que el agua se infiltro rápidamente en los sedimentos, productos volcánicos sueltos, depositados durante los meses de esta erupción. Eventualmente, en uno o más lugares de la parte alta del flanco sureste del volcán, donde las pendientes son pronunciadas, los inestables sedimentos alcanzaron la saturación y se iniciaron los deslizamientos, dando origen así al lahar.

El lahar se inició a las 14:15 h en la zona sur y sureste de la cima. Estos desprendimientos duraron hasta las 17:07 h. Testigos del fenómeno en las proximidades del punto 3, en San Miguel, han señalado que el lahar llegó a este lugar (situado a 11 km del volcán) aproximadamente a las 15:30 h. Por tanto, se puede estimar que la velocidad promedio del lahar ha sido próxima a los 9 km/h.

Si se considera una sección de 25 m² para los sedimentos (cálculo según las observaciones efectuadas en el punto 3), y teniendo en cuenta que la longitud del cauce de los ríos Volcanmayo y Ubinas es de 13 km en total, un grueso estimado del volumen de sedimentos arrastrados por el lahar estaría alrededor de los 325000 m³.

CAPÍTULO IV

CARACTERIZACIÓN PETROLÓGICA DE LOS PRODUCTOS EMITIDOS

Marco Rivera¹, Jersy Mariño¹, Jean Claude Thouret²

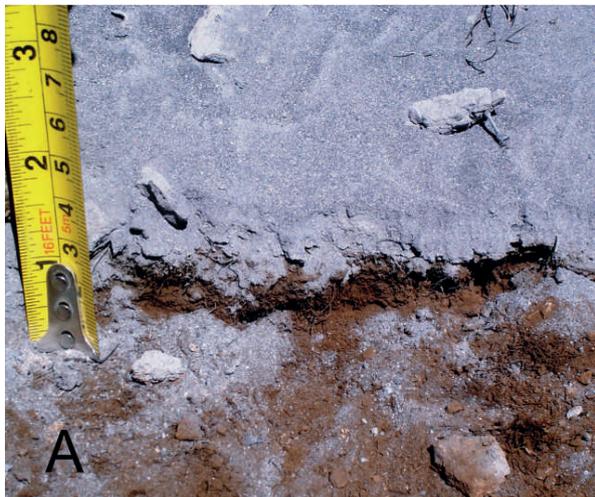
¹ Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico; ² Université Blaise Pascal de Clermont Ferrand II (Francia)

Los productos emitidos por el volcán Ubinas entre marzo de 2006 y diciembre de 2008 fueron ceniza volcánica y proyectiles balísticos (bloques y bombas volcánicas). Estas últimas cayeron en áreas aledañas al volcán (menos de 4 km del cráter).

CENIZA VOLCÁNICA

Las mayores emisiones de ceniza estuvieron generalmente precedidas por explosiones volcánicas instantáneas. La ceniza emitida por el Ubinas en áreas cercanas (<6 km del cráter) tiene menos de 1,5 mm de diámetro, gran porcentaje de ellas poseen incluso menos de 0,5 mm.

Durante 2006 se realizó el cartografiado de la distribución de la ceniza y su muestreo, ya que en dicho año se produjo la mayor emisión de ceniza. Hasta el mes de noviembre de dicho año, el volumen acumulado de ceniza fue de aproximadamente 1700000 m³ (Rivera *et al.*, 2007). Posteriormente, el cartografiado de la ceniza muestra que hasta abril de 2007 en la caldera del volcán se acumuló alrededor de 40 cm de espesor; a 2,5 km del cráter posee en promedio 6,0 cm de espesor; a 4 km, 4 cm; y a 6 km, 2 cm, en promedio. Más al sureste, en la zona de Anascapa, su espesor es de 0,4 mm (figura 4.1). Estos datos permitieron elaborar un mapa esquemático de isopacas (figura 4.2) y estimar el volumen en 0,004 km³, hasta abril de 2007.



Es necesario mencionar que la ceniza tuvo una dispersión variable debido a la dirección y velocidad de los vientos que fue muy cambiante durante todo el periodo de crisis, aunque con ligero predominio en dirección S, SE, SO y O. Durante 2007 y 2008, el volcán emitió poco volumen de ceniza, la cual fue rápidamente erosionada por las lluvias y vientos, por lo que estimar un volumen total hasta diciembre de 2008 es imposible.

Durante la crisis volcánica se tomaron 31 muestras de ceniza de los alrededores del volcán Ubinas. Algunas muestras corresponden a un determinado día de actividad y otras corresponden a cenizas acumuladas durante varios días. Posteriormente, se hizo una descripción detallada de las características de las cenizas. La descripción presentada en este trabajo corresponde a aquellas depositadas durante un día.

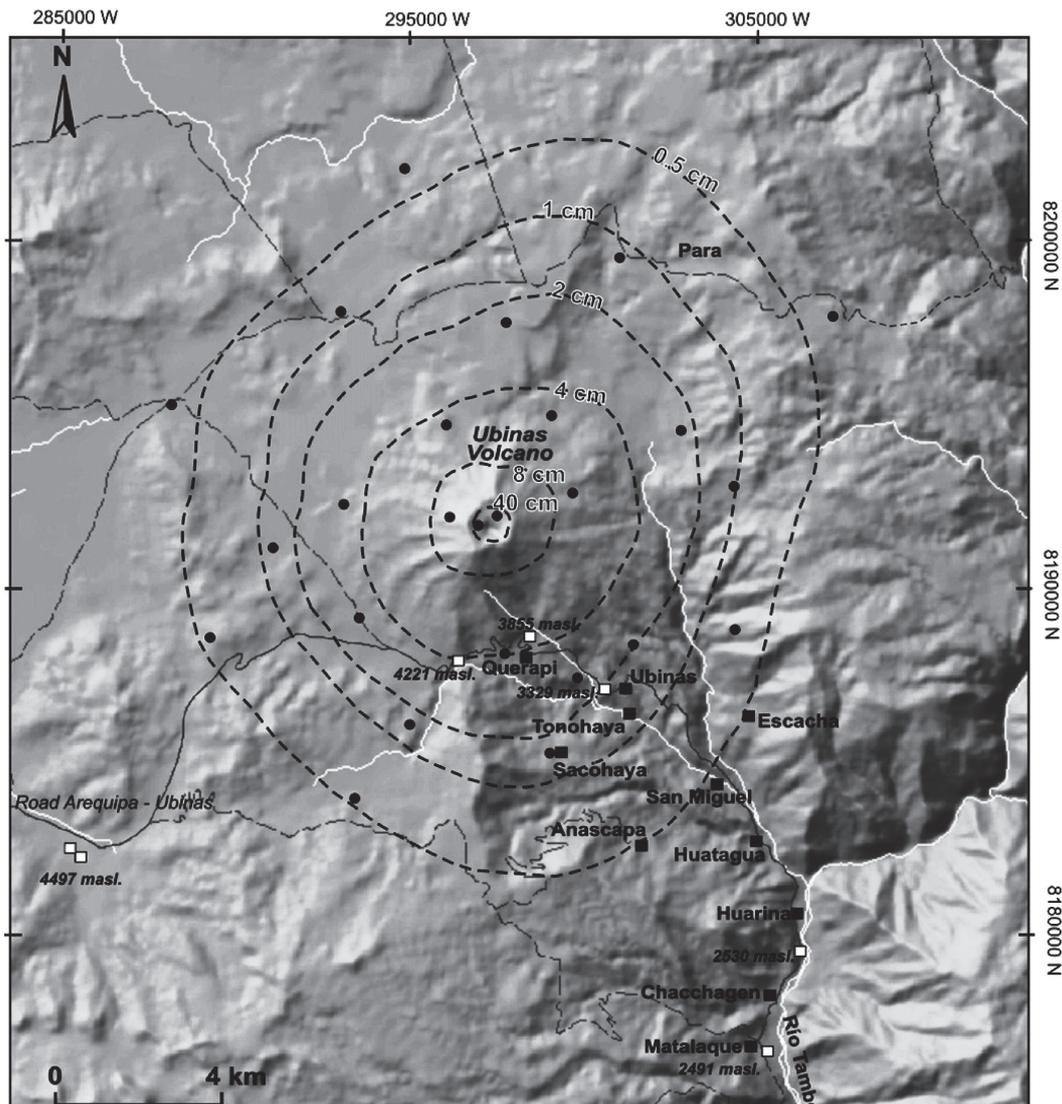


Figura 4.2 Mapa de isópacas, donde se muestra el espesor de los depósitos de caída de cenizas, acumulados durante el periodo marzo de 2006 y abril de 2007 (Rivera *et al.*, 2010).

La ceniza emitida entre el 27 de marzo y el 18 de abril de 2006, colectadas dentro de la caldera y en los alrededores del volcán eran de color gris claro, y formaban capas que midieron hasta 4 cm de espesor dentro de la caldera. Mientras que a 4 km alrededor del volcán se distinguió una capa de ceniza que medía menos de 0,5 cm de espesor y en muchas zonas se hallaba removida. La ceniza emitida hasta el 4 de abril de 2006 contiene más del 80% de fragmentos líticos alterados e hidrotermalizados (figura 4.3), 15% de cristales (plagioclasa, piroxenos, olivino) y 5% de vidrio (Rivera *et al.*, 2007). La ceniza emitida hasta el ~17 de abril presentó las mismas características. Los primeros productos forman parte del conducto y/o el sistema hidrotermal del volcán, arrancados durante el proceso eruptivo.

Las cenizas emitidas del 1 de mayo hasta el 30 de julio de 2006 presentaron mayor porcentaje de cristales juveniles. En efecto, estas cenizas consisten principalmente de cristales fragmentados de plagioclasa, piroxeno, olivino y óxidos de Fe-Ti y trazas de vidrio (matriz), y en menor medida fragmentos líticos alterados e hidrotermalizados, que miden menos de 1 mm (figura 4.3). Sin embargo, las cenizas del mes de agosto de 2006 muestran un incremento en fragmentos líticos alterados e hidrotermalizados y una disminución de fragmentos de cristales juveniles frescos. Posteriormente, en los meses de septiembre a noviembre de 2006, las cenizas nuevamente vuelven a contener mayor porcentaje de minerales juveniles fragmentados. Estas mismas características presentan las cenizas emitidas en marzo de 2007 (Rivera *et al.*, 2007).

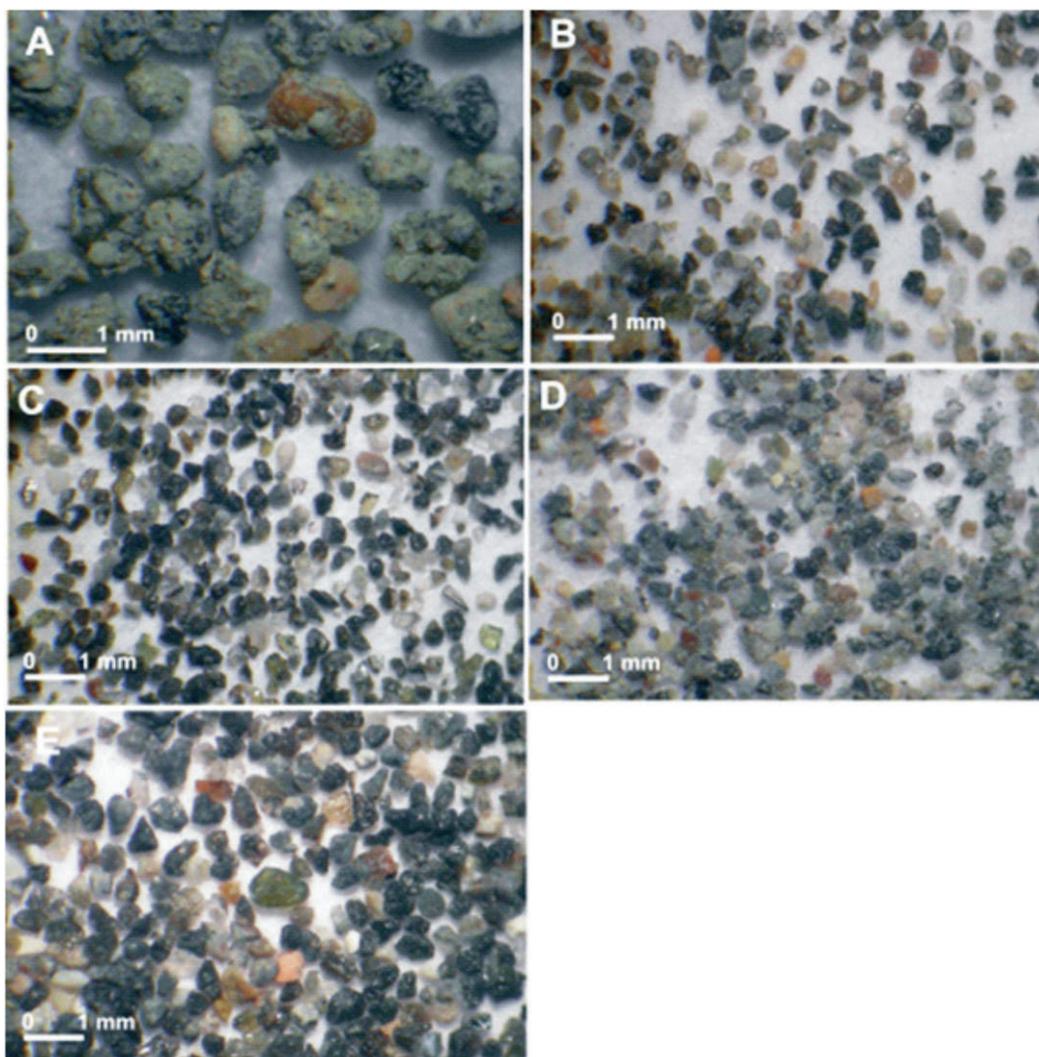


Figura 4.3 Muestras de cenizas recolectadas durante la crisis: (a) cenizas del 4 de abril. (b) cenizas del 29 de mayo. (c) Cenizas del 19 de julio. (d) Cenizas del 4 de agosto. (e) Cenizas del 24 de septiembre (Rivera *et al.*, 2007).

Por el contenido predominante de fragmentos líticos alterados e hidrotermalizados desde el inicio de la erupción hasta el 18 de abril, se considera que el Ubinas presentó actividad de tipo freática, es decir, interacción de agua meteórica con el sistema hidrotermal activo. Posteriormente, del 19 de abril hasta fines de 2008, la actividad pasó a ser de tipo magmática con un estilo eruptivo de tipo vulcaniano.

BLOQUES, BOMBAS Y PROYECTILES BALÍSTICOS

Los bloques, bombas y proyectiles balísticos fueron eyectados durante las explosiones volcánicas, las cuales empezaron a producirse a partir del día 12 de abril de 2006 (23:00 h). La mayoría de estas explosiones han sido audibles hasta un radio de 8 km, incluyendo los pueblos de Ubinas y Anascapa, y ocurren

debido a la súbita descompresión de los gases atrapados debajo del «tapón de lava» del conducto volcánico.

La magnitud de dichas explosiones ha ido incrementándose gradualmente, así las explosiones ocurridas antes del 19 de abril de 2006, eyectaron proyectiles balísticos que alcanzaron hasta 400 m de distancia del cráter (figura 4.4), mientras que, por ejemplo, la explosión ocurrida el día 20 de abril de 2006 (11:00h) arrojó proyectiles balísticos que llegaron a más de 500 m de distancia (figura 4.4a y b). Las más importantes explosiones ocurrieron durante 2006, cuando se eyectaron bombas volcánicas hasta una distancia entre 1400 y 2000 m del cráter. Esto ocurrió los días 7 de mayo (20:55 h), 22 de mayo (4:30 y 4:36 h) (figuras 4.6 y 4.7), 2 de junio (18:08 h), 18 de junio (5:54 h), 10 de julio (11:49 y 12:06 h), 17 de agosto (16:57 h) y 28 de octubre (1:43 h) (figura 4.5).

La naturaleza y composición de los bloques balísticos variaron en el tiempo. Los bloques emitidos inicialmente, hasta el 26 de abril, correspondían a bloques de lava angulosos, alterados e hidrotermalizados con diámetros de hasta 50 a 70 cm (figura

4.4a y b). Por las características de los bloques, se asume que estos formaban parte del tapón o del conducto del volcán (Rivera *et al.*, 2007).

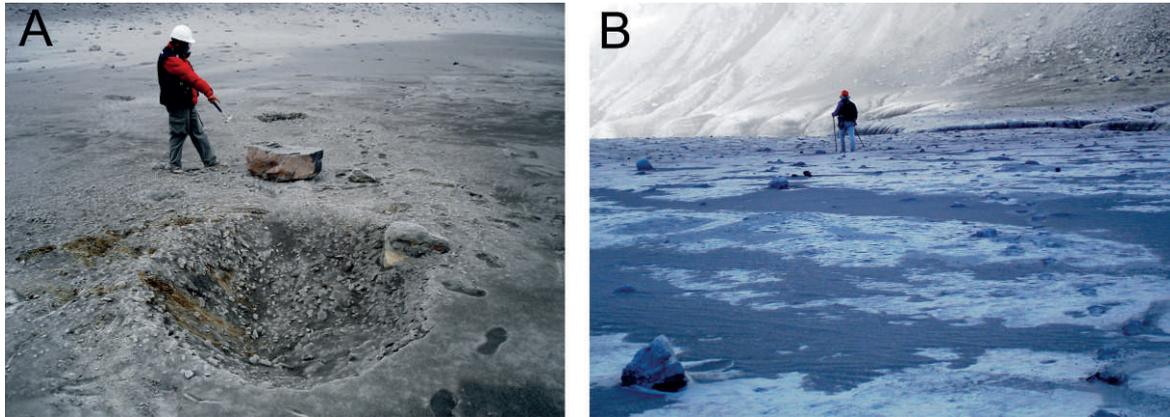


Figura 4.4 (a) Cráter de impacto de 2,2 m de diámetro, originado por un proyectil balístico de aproximadamente 50 cm de largo por 20 cm de ancho. Este fue eyectado a más de 300 m del cráter, durante la explosión del 20 de abril de 2006 (foto de J. Mariño). (b) Bombas y proyectiles balísticos de diferentes tamaños de menos de 50 cm, dispersos a menos de 150 m del cráter. Estos fueron eyectados durante la explosión del 20 de abril.

Los bloques emitidos durante la explosión del 27 de abril, y que se elevaron a más de 1 km sobre la cima del volcán, corresponden a bloques y bombas que miden hasta 80 cm de diámetro (caídos a 300 m del cráter). Estos bloques no presentan alteración hidrotermal, los minerales están bien conservados,

poseen composición andesítica y muchas veces fueron encontrados todavía calientes. Algunos tienen una corteza de pan, con un núcleo vítreo. Por esas características se infiere que son juveniles. Estos bloques formaron cráteres de impacto dentro del piso de la caldera de hasta 2 m de diámetro.

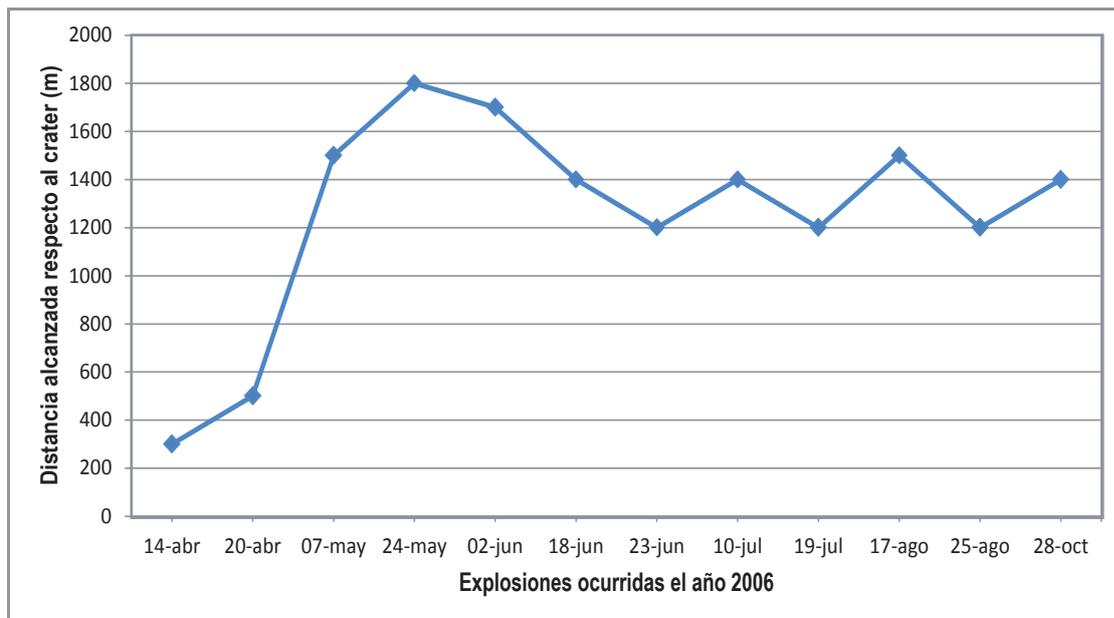


Figura 4.5 Distancia máxima alcanzada por los proyectiles balísticos y/o bombas volcánicas con respecto al cráter, ocurridos durante las más importantes explosiones sucedidas en el proceso eruptivo, que fueron registradas en el 2006 (modificado de Rivera *et al.*, 2007 y Mariño *et al.*, 2006).

El volcán Ubinas esporádicamente continuó emitiendo bloques balísticos juveniles entre mayo y octubre de 2006. El 7 de mayo, el Ubinas presentó una explosión moderada durante la cual emitió bombas y bloques de lava (vítreas y escoréáceas) de composición andesítica que miden hasta 60 cm de diámetro, y que llegaron hasta 2 km del cráter.

Dos de las explosiones casi continuas de mayor magnitud ocurridos el 22 de mayo, entre las 4:30 y 4:36 h, generaron proyectiles balísticos que alcanzaron una mayor distancia,

que varía entre 1800 y 2000 m del cráter (figura 4.5). Algunos bloques balísticos midieron hasta 2 m de diámetro, alcanzaron 300 m del cráter y formaron cráteres de impacto de 7 m de diámetro dentro de la caldera del volcán (figura 4.6a). Algunos bloques presentan estructuras en corteza de pan, con una parte interna escoréácea y otra externa vítrea (figura 4.6b), lo cual es típico de bloques juveniles expulsados durante explosiones vulcanianas. Se han encontrado bloques de hasta 30 cm de largo a más de 1800 m al noroeste del cráter (figura 4.7).



Figura 4.6 (a) Proyectil balístico de 2 m de diámetro, a 200 m del cráter, eyectado el 22 de mayo de 2006. La caída formó un cráter de impacto de 7 m de diámetro. (b) Detalle de una bomba volcánica. Es un material juvenil, presenta una parte interna escoréácea y otra externa vítrea (foto de J. Mariño).



WW

PETROGRAFÍA DE BLOQUES Y BOMBAS

El estudio petrográfico se realizó sobre fragmentos de lava (Ubi-13, 14), emitidos los días 7 y 29 de mayo y en octubre de 2006. Macroscópicamente, los bloques de lava son de color gris oscuro, vítreos, algunos escoriáceos y otros densos. Microscópicamente, estas rocas presentan texturas porfíricas y traquíticas (figura 4.8). En los bloques escoriáceos se distinguen vesículas deformadas (volumen menor a 30%) que miden menos de 200 μm .

En estas rocas se distinguen fenocristales de plagioclasa de formas alargadas, con hábitos subhedral y euhedral, de hasta 2 mm. También se distinguen fenocristales de clinopiroxeno y ortopiroxeno de hasta 2 mm. A veces se distinguen aglomerados de fenocristales de plagioclasa, clinopiroxeno, ortopiroxeno y

óxidos que están reaccionando entre sí. Los óxidos de Fe-Ti aparecen comomicrocristales principalmente en la matriz. Los fenocristales de olivino tienen forma subhedral y miden menos de 200 μm . Algunos fenocristales presentan en sus bordes sobrecrecimientos de ortopiroxeno. Además, se distinguen fenocristales de anfíbol que presentan gruesos bordes de óxidos. Su presencia y el sobrecrecimiento de ortopiroxeno alrededor de los cristales de olivino puede sugerir procesos de mezcla de magmas, entre dos magmas químicamente diferentes entre sí, que influenciaron en la generación del proceso eruptivo (Rivera *et al.*, 2007). Sin embargo, también cabe la posibilidad de que la presencia de xenocristales pueda ser debido a la asimilación de cristales de las rocas que forman la cámara magmática (Gardner *et al.*, 2002; Arce *et al.*, 2005).

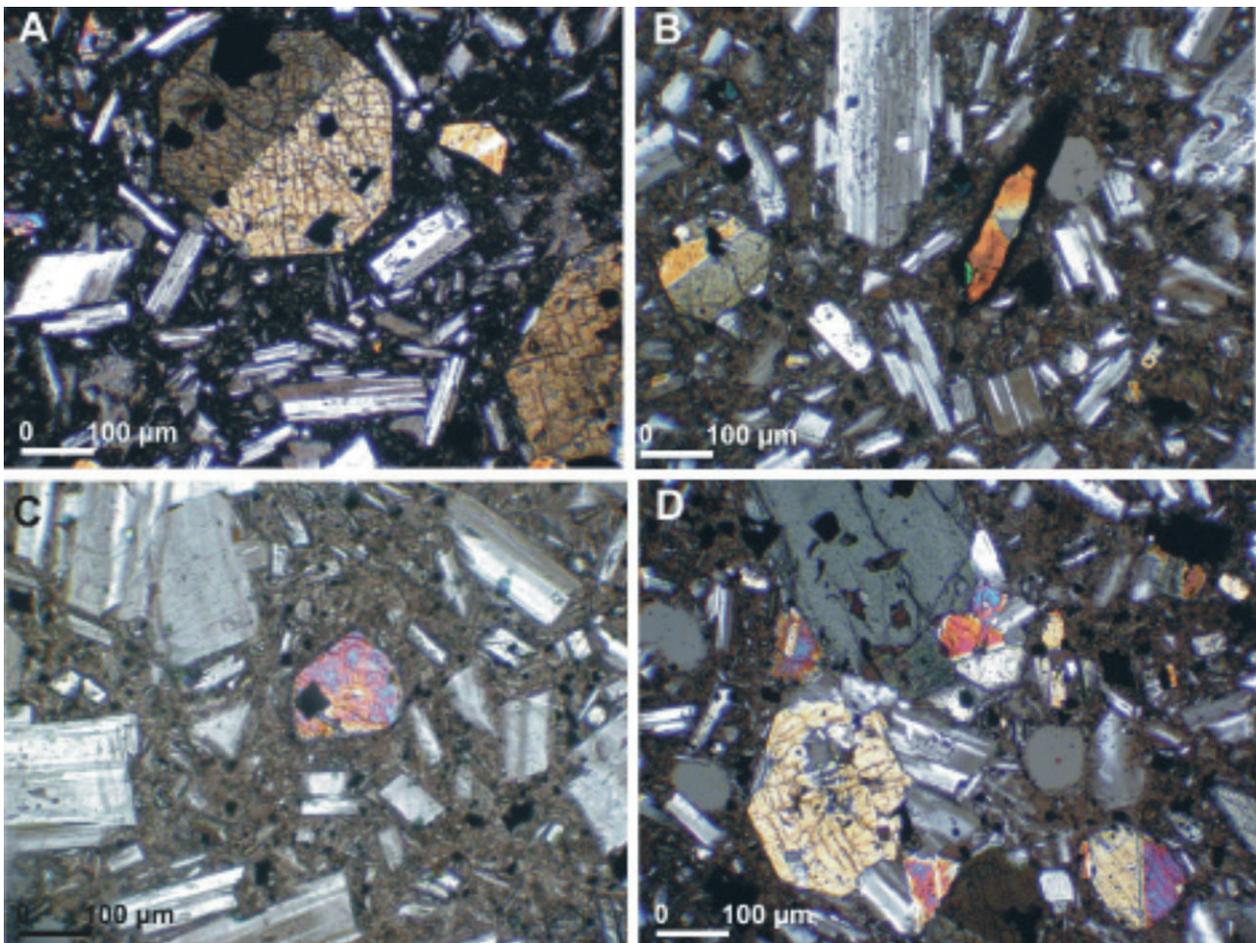


Figura 4.8 Secciones delgadas de escorias y bombas en nicols cruzados. (a) Fenocristales de ortopiroxeno con inclusiones de óxidos de Fe-Ti, y fenocristales de feldespato y plagioclasa. (b) Fenocristales de anfíbol con grueso borde de óxidos, plagioclasa subhedrales, piroxenos y óxidos de Fe-Ti en la matriz. (c) Fenocristal subhedral de olivino con inclusiones de óxidos y fenocristales subhedrales de plagioclasa dentro de una matriz microlítica. (d) Aglomerado de plagioclasa, ortopiroxeno, clinopiroxeno y óxidos que reaccionan entre sí (Rivera *et al.*, 2007).

GEOQUÍMICA DE PRODUCTOS EMITIDOS

Los análisis químicos han sido realizados en dos bloques juveniles escoriaáceos y tres bloques lávicos masivos (tabla 4.1). Tres análisis químicos por elementos mayores han sido realizados en el Laboratorio de Química del INGEMMET

(Ubi-10, 13, 14), mientras que dos análisis químicos por elementos trazas han sido realizados en los laboratorios de SGS en Canadá (Ubi-13, 14). Por otro lado, cinco análisis de elementos mayores y trazas (Ubi-31, 77, 19, 6a, 7a) de rocas de los últimos 500 años del Ubinas fueron tomados de Rivera (2010) (tabla 4.1).

Tabla 4.1
Análisis químico de elementos mayores y trazas de escorias y bombas eyectadas durante la crisis del año 2006 y otras de época histórica (Rivera, 2010)

Nº Muestra	Ubi-6a	Ubi-7a	Ubi -10	Ubi -13	Ubi - 14	Ubi-31	Ubi-77	Ubi-19
Producto	Escoria 2006	Escoria 2006	Bloque de lava 2006	Bloque de lava 2006	Bloque de lava 2006	Flujo de escoria de 1677	Flujo de escoria de 1677	Escoria posterior al año 1600 DC
SiO ₂	56,71	57,21	57,6	57,10	57,30	55,70	56,00	57,31
Al ₂ O ₃	17,37	17,36	17,10	17,10	17,20	16,55	16,35	16,97
Fe ₂ O ₃	7,98	7,95	7,40	7,77	8,19	7,88	7,75	7,86
MgO	3,42	3,40	3,11	3,25	3,24	4,34	4,23	2,62
CaO	6,74	6,81	6,98	6,30	6,00	6,80	7,13	5,47
Na ₂ O	4,10	3,96	4,18	3,90	4,00	4,02	4,04	4,09
K ₂ O	2,29	2,26	2,23	2,00	2,00	2,10	2,18	2,64
TiO ₂	1,17	1,16	0,98	1,39	1,42	1,28	1,37	1,23
MnO	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,47	0,56	0,14
P ₂ O ₅	0,54	0,53	na.	na.	na.	0,11	0,10	na.
H ₂ O+	0,06	0,03	0,11	0,13	0,14	0,14	0,30	0,41
H ₂ O-	0,27	0,19						1,12
PxC			0,01	0,10	0,02			
Total	100,77	100,98	99,8	99,20	99,60	99,39	100,01	98,74
Rb	na.	na.	na.	60,30	58,40	41,00	44,00	62,00
Sr	na.	na.	na.	910,00	905,00	1.030,00	1.140	767,00
Y	na.	na.	na.	17,70	18,40	17,00	17,30	17,25
Zr	na.	na.	na.	207,00	216,00	188,00	245,00	219,00
Nb	na.	na.	na.	9,00	11,00	9,50	11,10	11,50
Ba	na.	na.	na.	946,00	949,00	1.000,00	1.150,00	971,00
La	na.	na.	na.	42,10	42,80	36,00	48,50	na.
Ce	na.	na.	na.	87,70	89,70	73,50	97,00	na.
Nd	na.	na.	na.	39,00	41,00	38,00	48,00	na.
Sm	na.	na.	na.	7,90	8,00	7,00	8,30	na.
Eu	na.	na.	na.	2,07	2,10	1,77	2,10	na.
Gd	na.	na.	na.	5,94	6,26	5,10	5,75	na.
Dy	na.	na.	na.	3,90	4,07	3,35	3,60	na.
Er	na.	na.	na.	1,97	2,10	1,60	1,50	7,30
Yb	na.	na.	na.	1,50	1,50	1,30	1,20	na.
Sc	na.	na.	na.	10,00	11,00	14,70	14,60	12,30
V	na.	na.	na.	160,00	163,00	183,00	182,00	146,00
Cr	na.	na.	na.	150,00	120,00	103,00	98,00	na.
Co	na.	na.	na.	18,00	19,50	28,00	80,00	33,80
Ni	na.	na.	na.	20,00	18,00	43,00	41,00	7,00
Th	na.	na.	na.	7,60	7,40	4,20	5,60	na.

Las rocas emitidas durante la presente crisis son de composición andesítica (56,7-57,6 wt % SiO₂) (figura 4.9), altamente potásicas (2,0-2,3 wt% K₂O) y pertenecientes a la serie calco-alkalina. El diagrama multielementos de rocas emitidos durante la crisis 2006 normalizados con respecto al MORB-N (Sun y McDonough, 1989), muestra que estas rocas están caracterizadas por un fuerte enriquecimiento en LILE (K, Rb, Ba, Th) y LREE con respecto a las HREE (figura 4.10) y presentan fuertes anomalías negativas en HFSE (Nb, Ti). Estas características geoquímicas están relacionadas con la movilidad de los elementos en los fluidos acuosos provenientes de la subducción; los LILE

presentan una alta movilidad y, por lo tanto, están enriquecidos en la fuente mantélica, mientras que los HFSE no son móviles y por lo tanto presentan un empobrecimiento en la fuente (Tatsumi *et al.*, 1986).

Los productos actuales presentan similar tipo de espectro multielementos que los anteriores productos emitidos por el Ubinas a lo largo de su historia eruptiva. Esto sugiere que los magmas actuales del Ubinas provienen de una misma fuente y son probablemente gobernados por los mismos procesos magmáticos que los productos emitidos en anteriores erupciones.

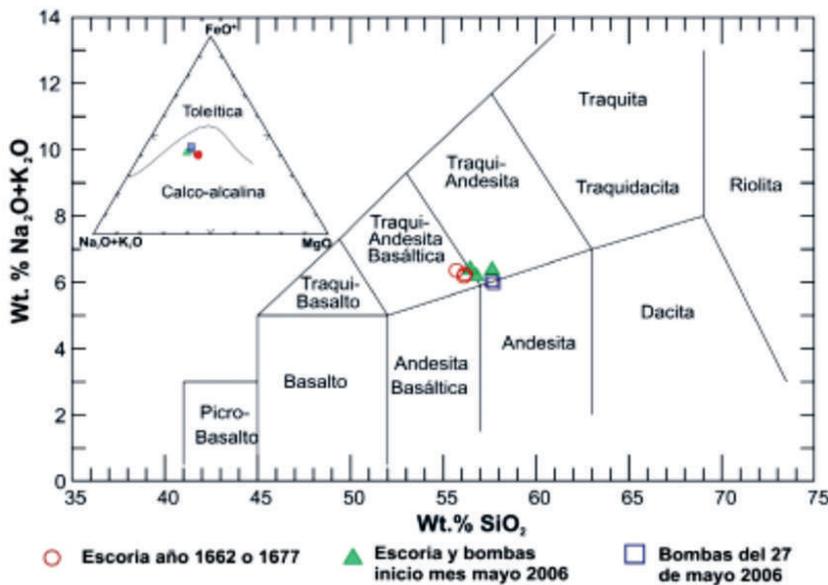


Figura 4.9 Diagrama TAS de Le Bas *et al.* (1986), donde se distingue la composición de las muestras de escorias y bombas eyectadas durante la crisis de 2006 y otras de época histórica. Insertado Diagrama AFM de Irvine y Baragar (1971) (Rivera *et al.*, 2007).

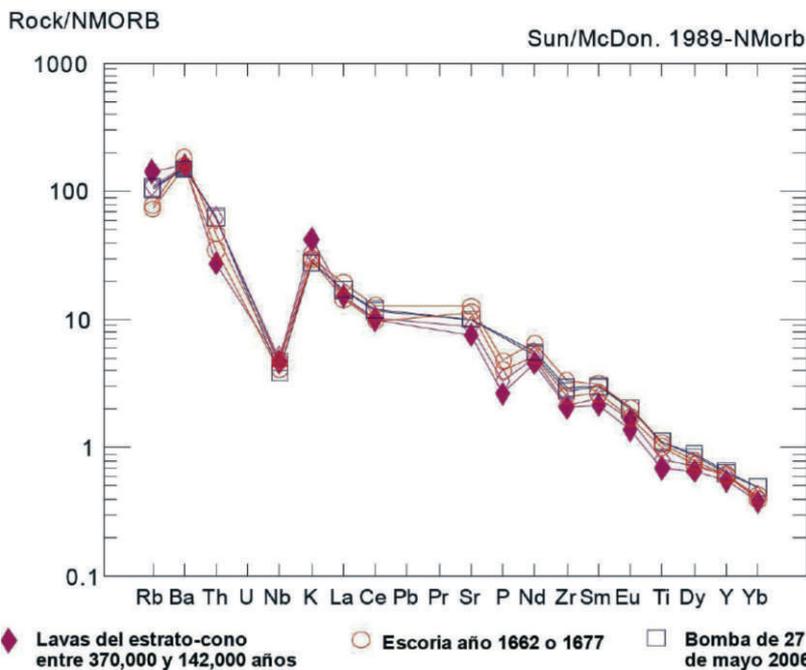


Figura 4.10 Diagrama multielementos de escorias y bombas eyectadas durante la crisis del Ubinas de 2006 y otras de época histórica, normalizadas a MORB-tipo N de Sun y McDonough (1989) (Rivera *et al.*, 2007).

CAPÍTULO V

EVOLUCIÓN DEL PROCESO ERUPTIVO

Jersy Mariño¹, Marco Rivera¹, Pablo Masías¹, Orlando Macedo², Yanet Antayhua¹, Víctor Aguilar³, Domingo Ramos², Edú Taipe²

¹ Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, ² Instituto Geofísico del Perú, ³ Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa

La evolución del proceso eruptivo se ha elaborado en base a los siguientes parámetros: a) evolución de los tipos de productos emitidos por el volcán Ubinas, tales como ceniza, proyectiles balísticos y el cuerpo de lava emplazado en el fondo del cráter; b) evolución geoquímica y mineralógica de los productos emitidos; c) altura y alcance de las cenizas y proyectiles balísticos emitidos; d) número y frecuencia de las explosiones (Mariño, *et al.*, 2010). Complementariamente se han tenido en cuenta las variaciones de los parámetros de vigilancia sísmica y del monitoreo geoquímico de la fuente Ubinas Termal. A continuación se describen las distintas etapas y periodos del proceso eruptivo.

ETAPA PREERUPTIVA

Entre diciembre de 1995 y mayo de 1996 fue reportado un incremento de la actividad fumarólica del volcán Ubinas, las emisiones de gases podían ser observadas desde el pueblo de Ubinas, elevándose entre 100 y 300 m sobre la caldera del volcán (Rivera, 1998). Una campaña sísmica realizada por el IGP en ese periodo mostró una notoria actividad sísmica (Macedo y Lesage, 1997). En los siguientes meses, las emisiones de gases disminuyeron hasta cesar casi por completo poco después de ocurrido el sismo de Arequipa del 23 de junio de 2001 (Cruz, 2006; Macedo, 2006a).

En el mes de agosto de 2005 se reportó un incremento de la actividad fumarólica (Cruz, 2006); entre septiembre y diciembre de 2005, las fumarolas alcanzaron en promedio alturas máximas de 200 a 300 m por encima de la cumbre. Durante el mes de noviembre del mismo año, se observaron esporádicamente fumarolas que se elevaban entre 200 a 400 m por encima del borde de la caldera (Mariño, *et al.*, 2006) (figura 3.6).

En enero de 2006 se registraron en el cráter del Ubinas, emisiones de SO₂ del orden de 1000 ppm-m, con el equipo Flyspec (Clegg, 2006; Cruz, 2006). Estos valores son anómalos y no corresponden a volcanes en estado de reposo. Sin embargo, en este periodo no se registraron caídas o emisiones de ceniza en el volcán Ubinas, lo que evidencia que el sistema no estaba abierto.

Del 3 al 6 de febrero de 2006, el IGP realizó observaciones en el cráter del volcán, así como monitoreo sísmico con equipos analógicos y digitales. Se observaron fuertes emisiones de gases en el fondo del cráter, y se detectaron altos niveles de sismicidad. Se registraron hasta 96 eventos sísmicos en 12 horas, entre LP, VT e incluso algunos temores (Macedo, 2006a).

ETAPA ERUPTIVA FREÁTICA, DEL 27 DE MARZO AL 18 DE ABRIL DE 2006

La erupción freática se inicia el 27 de marzo de 2006 (tabla 5.1) y fue posteriormente corroborada por reconocimientos de campo en la zona del cono volcánico, como el realizado el día 31 de marzo de 2006 por una brigada de campo del INGEMMET, el IGP, la UNSA y el Gobierno Regional de Moquegua (Mariño, *et al.* 2006). En dicha misión se observaron depósitos de caída de ceniza gris blanquecina, de menos de 1 cm de espesor, en la caldera y flancos del volcán (figura 3.9). En el interior del cráter se observaron 3 ventos caracterizados por una intensa actividad fumarólica (figura 3.9b). Esta información permite establecer que el presente ciclo de actividad se inició el 27 de marzo o poco antes de dicha fecha. Es imposible determinar la fecha exacta, ya que no se tenían instalados equipos de monitoreo en el volcán Ubinas y por otro lado, la densa neblina que cubrió el volcán entre febrero y marzo de 2006 impidió ver lo que estaba sucediendo.

El 31 de marzo de 2006, los registros analógicos obtenidos por el IGP mostraron que los niveles de actividad sísmica seguían en ascenso, pues en 12 horas se registraron hasta 115 eventos sísmicos, entre LP, VT y temores. Se observó que, en relación a febrerode 2006, el número de temores se había incrementado de 4 a 20 en 12 horas de registro (Macedo, 2006b).

Desde fines del mes de marzo hasta el 12 de abril, la actividad fue moderada (tabla 5.1), las emisiones de cenizas fueron constantes, alcanzando alturas de 400 a 500 m por encima de la caldera (figura 5.1). La primera explosión se registró el 1 de abril, día que marca el inicio de este tipo de eventos. Similares explosiones se reportaron los días 12, 13 y 14. Entre los días 13 y 16 de abril, se reportaron ligeros incrementos de las emisiones de cenizas, la columna de gases y ceniza alcanzaron hasta 1000 m de altura sobre el cráter.



Figura 5.1 Emisiones de gases y ceniza de poco volumen (4 de abril de 2006).

Las cenizas emitidas por el volcán Ubinas, entre el 27 de marzo y el 18 de abril, contienen un alto porcentaje de componentes hidrotermalizados (Mariño *et al.*, 2006; Rivera *et al.*, 2007). Por otro lado, los bloques o proyectiles balísticos eyectados durante las explosiones ocurridas antes del 20 de abril corresponden a lavas alteradas e hidrotermalizadas (Rivera *et al.*, 2007). Estos primeros productos forman parte del conducto y/o el sistema hidrotermal del volcán, arrancados y eyectados durante las explosiones.

Por las características de las cenizas y bloques emitidos por el volcán Ubinas, carentes de componentes juveniles, se infiere que la primera etapa del proceso eruptivo, entre el 27 de marzo y a lo sumo el 18 de abril, presentó actividad de tipo freática, es decir, interacción de agua meteórica con el sistema hidrotermal del volcán.

ETAPA ERUPTIVA DE TIPO VULCANIANO, DESDE EL 19 DE ABRIL DE 2006 A DICIEMBRE DE 2008

El 19 de abril de 2006 se avistó por primera vez un cuerpo de lava incandescente de aproximadamente 60 m de diámetro en el fondo del cráter del volcán Ubinas (Mariño *et al.*, 2006) (figura 3.10). Este hecho evidencia el inicio de la fase magmática de la erupción, el cual fue también corroborado por el estudio de las cenizas emitidas posteriores al 20 de abril, que consisten principalmente de cristales fragmentados de plagioclasa, piroxeno, biotita, olivino y óxidos de Fe-Ti y trazas de vidrio, es decir, un alto contenido de componentes juveniles (Rivera, *et al.*, 2007) (tabla 5.1).

Esta etapa se caracteriza por esporádicas explosiones, luego de las cuales se producen emisiones de cenizas que pueden durar algunos minutos e incluso horas. Durante algunas explosiones se produce eyección de proyectiles balísticos, conformados principalmente por bloques juveniles. Estas explosiones son de magnitud pequeña a moderada, comparada con erupciones de otros volcanes andesíticos. Varias de las explosiones han sido audibles hasta un radio de 8 km, fueron sentidas por los pobladores de Querapi, Sacoaya, Ubinas, Tonohaya y Anascapa. Las explosiones ocurren debido a la descompresión de los gases atrapados debajo del «tapón de lava» del conducto volcánico o chimenea del volcán eventualmente obstruido. Debido a las características antes citadas, sumadas a la composición andesítica ligeramente básica del magma juvenil, sugieren una erupción con características vulcanianas.

Durante esta etapa se distingue un primer periodo, considerado de mayor actividad eruptiva, que va del 19 de abril a agosto de 2006; y un segundo periodo, caracterizado por una menor actividad eruptiva, que va de septiembre de 2006 a diciembre de 2008.

Periodo de mayor actividad eruptiva, del 19 de abril a agosto de 2006

Este periodo está caracterizado por emisiones casi constantes de ceniza, que duran entre 2 y 3 semanas aproximadamente, separados por periodos de muy baja actividad que duran generalmente entre 10 y 14 días. Durante este periodo, la columna eruptiva alcanzó valores de altura máximos, entre los 1500 y 2500 m sobre el cráter del volcán; sin embargo, luego de

algunas explosiones estas se elevaron incluso entre los 3000 y 4000 m. En este periodo, que duró aproximadamente 4 meses con 11 días (134 días), se han registrado 81 explosiones, es decir, ocurrió en promedio una explosión cada uno o dos días.

La explosión ocurrida el 20 de abril marca el inicio de este periodo de mayor actividad eruptiva del volcán Ubinas (tabla 5.1), el cual fue sucedido por emisiones constantes y sostenidas de ceniza (figura 5.2), donde la columna eruptiva alcanzó por primera vez entre 2800 y 3000 m de altura sobre la caldera del volcán. Entre los días 20 y 29 de abril se registraron hasta 4 explosiones, la mayor ocurrió el 27, cuando se reportaron por primera vez emisiones de bloques incandescentes (proyectiles balísticos). Emisiones importantes de ceniza y frecuentes explosiones se prolongaron hasta agosto de dicho año.

En este periodo se han registrado incrementos moderados de la actividad entre el 20 de abril y el 16 de mayo (11 explosiones), el 20 de mayo y el 4 de junio (20 explosiones), el 18 y el 30 de junio (11 explosiones), el 9 y el 22 de julio (20 explosiones) (figura 5.3), así como del 7 al 31 de agosto (11 explosiones) (tabla 5.1). En las fases de mayor volumen de emisión de cenizas, estas han afectado principalmente áreas situadas dentro de un radio de 10 km del cráter del volcán, no obstante, imágenes de satélite GOES

muestran plumas de ceniza que se extienden entre 30 y poco más de 100 km de distancia. La columna eruptiva alcanzó valores de altura máximos, entre los 1000 y 2500 m sobre la caldera del volcán Ubinas, sin embargo, luego de algunas explosiones estas se elevaron incluso entre los 3000 y 4000 m de altura.

Durante este periodo, los parámetros de vigilancia sísmica y geoquímica también han mostrado sus mayores valores. Así, en los meses de mayo y junio se han registrado las explosiones más energéticas; la del 24 de junio tuvo la mayor magnitud: alcanzó los 719 MJ (figura 3.48). De igual forma, la energía sísmica diaria acumulada fue incrementándose desde el mes de mayo, alcanzando sus mayores valores en agosto, mes en que se registraron entre 1800 y 3200 MJ (figura 3.46). Por otro lado, durante el monitoreo de la temperatura de la fuente Ubinas Termal, se registraron los mayores valores entre los meses de abril y agosto, donde se registraron valores entre 30 y cerca de 43 °C (figura 3.61). Una tendencia similar fue evidenciada por el monitoreo de la temperatura del edificio volcánico en base a las imágenes GOES, donde se puede observar un mayor número de anomalías medias entre los meses de mayo y agosto, así como las dos anomalías altas registradas el 30 de mayo y el 14 de junio (figura 3.70).



Figura 5.2 Emisiones constantes de gases y cenizas el día 22 de abril del año 2006. Estas emisiones se iniciaron alrededor de la 7:00 h., y se prolongaron hasta pasadas las 16 h.



Figura 5.3 Emisiones constantes de gases y cenizas, producido el día 17 de julio del año 2006.

Periodo de menor actividad eruptiva, de septiembrede 2006 a diciembre de 2008

Este periodo de menor actividad está caracterizado por intervalos de tranquilidad, que pueden durar semanas e incluso meses, y cortos intervalos de ligero incremento de emisiones de ceniza y ocurrencia de explosiones, que duraron entre 1 y 3 semanas, a excepción de uno que duró casi 2 meses (del 11 de marzo al 27 de mayo de 2007). Durante este periodo de menor actividad, en promedio, la pluma volcánica alcanzó entre 300 y 700 m de altura sobre la cumbre, las explosiones fueron muy esporádicas, luego de las cuales se formaron columnas que se elevaron generalmente entre 500 y 2000 m de altura sobre la caldera. Durante 2 años con 6 meses que duró este periodo, las explosiones ocurrieron en promedio una vez cada 20 a 30 días.

Este periodo se inicia en septiembre del año 2006, mes en que la actividad eruptiva del volcán Ubinas disminuyó considerablemente, respecto al periodo comprendido entre el 20 de abril y agosto de 2006. Durante los reconocimientos de campo en la zona del cráter efectuados en este periodo, se observó que el cuerpo de lava emplazado en el fondo del cráter ya había sido expulsado durante las explosiones precedentes (figura 5.4).

En este periodo de menor actividad se han producido muy pequeños incrementos de actividad (tabla 5.1), del 12 al 30 de octubre de 2006 (5 explosiones), del 17 al 30 de diciembre de 2006 (6 explosiones), del 15 al 26 de enero de 2007 (5 explosiones), del 11 de marzo al 27 de mayo de 2007 (41 explosiones), del 5 al 17 de enero de 2008 (8 explosiones), del 28 de junio al 2 de julio de 2008 (6 explosiones), del 21 al 27 de julio de 2008 (6 explosiones), del 13 al 31 de octubre de 2008 (9 explosiones) y del 5 al 14 de noviembre de 2008 (6 explosiones). Luego de las explosiones, las columnas de gases y cenizas alcanzaron entre 800 y 2000 m de altura, y muy esporádicamente hasta 3000 m. Varias de las explosiones eyectaron proyectiles balísticos. Este periodo de menor actividad también se ha visto reflejado en los parámetros de monitoreo volcánico. A partir de septiembre de 2006, la energía sísmica diaria acumulada disminuyó considerablemente: se situó casi siempre por debajo de los 1800 MJ (figura 3.46); registró sus mayores valores relativos durante las fases de ligero incremento de actividad, descritos en el párrafo anterior. De similar forma, la temperatura de la fuente Ubinas Termal empezó a decaer también a partir de septiembre de 2006 hasta diciembre de 2008, durante dicho periodo se registraron temperaturas entre 30,7 y 29,1 °C.



Figura 5.4 Cráter del volcán Ubinas, captado el 7 de septiembre de 2006. No se aprecia el cuerpo de lava en el piso del cráter.



Figura 5.5 Columna eruptiva de aproximadamente 900 m de altura, conformada por ceniza y gases. La pluma volcánica fue dispersada en dirección sur (foto tomada el 28 de octubre de 2006).

Tabla 5.1
Resumen de principales eventos y acciones adoptadas durante la crisis eruptiva 2006-2008

Etapa/Fecha	Altura columna eruptiva (m)	Dirección de dispersión	Observaciones
ETAPA PRE-ERUPTIVA, AGOSTO DEL 2005 AL 27 DE MARZO DEL 2006			
Agosto 2005 a Marzo 2006	200 a 400	N, O	Se trató básicamente de emisiones de fumarolas.
ETAPA ERUPTIVA FREÁTICA, 27 DE MARZO AL 19 DE ABRIL DEL 2006			
27 de marzo, 2006	No se registró	SE	Fue reportado por primera vez caídas de ceniza en el pueblo de Querapi, situado a 4 km del cráter del volcán Ubinas.
28 de marzo al 12 de abril, 2006	100 a 350		Incremento gradual de las emisiones de ceniza.
2 de abril, 2006	150		Primera explosión sentida y reportada por los pobladores, marca el inicio de las explosiones.
5 de abril, 2006			Se emitió el Comunicado Nro. 1, donde se recomienda ubicar el nivel de alerta volcánica en color "amarillo".
12 al 18 de abril, 2006	400 a 1500		Se produjeron 3 explosiones los días 12, 13 y 14 de abril. Incremento de emisiones de ceniza. Se reportaron caídas de ceniza hasta 7 km de distancia del cráter.
ETAPA ERUPTIVA VULCANIANA, 19 DE ABRIL DEL 2006 A DICIEMBRE DEL 2008			
19 de abril, 2006			Se avistó por primera vez un cuerpo de lava de 60 m de diámetro en el fondo del cráter. Inicio de erupción magmática de la erupción.
Periodo de mayor actividad: 20 de abril a Agosto del 2006:			
20 de abril al 16 de mayo, 2006	300 a 4000	NO, O, SO, SE, E, N, S	Periodo de incremento de la actividad, se registraron 11 explosiones los días 20, 27, 28 y 29 de abril, y 4, 5, 7, 8, 12, 14 y 16 de mayo.
20 de abril, 2006	600 a 3000	NO, O, SO, O	Ocurre una explosión (11:00 h). Horas después las cenizas fueron avistadas por CORPAC en la zona del aeropuerto de Arequipa, situado a más de 60 km de distancia. Se emitió el Comunicado Nro. 3 donde se recomienda elevar el nivel de alerta al color "rojo".
22 de abril, 2006	600 a 1500	O	Emisiones de ceniza de manera constante, desde las 7:15 h hasta las 16:00 h. Fue la más prolongada hasta esa fecha.
27 de abril, 2006	3000		Por primera vez se reportan emisiones de bloques incandescentes (proyectiles balísticos) luego de la explosión, ocurrida a las 18:30 h. Se emitió el Comunicado Nro. 5, donde se recomienda bajar el nivel de alerta al color "amarillo".
7 de mayo, 2006	4000	N, NE, S, SE	Explosión a las 20:55 h., la columna eruptiva alcanza 4000 m de altura, uno de los más altos del proceso eruptivo. Los proyectiles balísticos alcanzaron 1.7 km de distancia.
20 de mayo a 4 de junio, 2006	300 a 4000	NE, SE, SO, O, N, S	Periodo de incremento de la actividad, se registraron 20 explosiones los días 20, 22(2), 23(2), 24, 27, 28, 29(8) y 30 de mayo, y 1, 2 y 3 de junio.
22 de mayo, 2006	800 a 3000	S, SE	Se registran 2 explosiones (4:30 h y 4:36 h). Los proyectiles balísticos alcanzaron entre 1.8 y 2 km de distancia del cráter, que es la máxima distancia alcanzada. Se han observado bloques de hasta 2 m de diámetro a 300 m del cráter.
24 de mayo, 2006			Entró en operación la primera estación sísmica de la Red Telemétrica del IGP.

Etapa/Fecha	Altura columna eruptiva (m)	Dirección de dispersión	Observaciones
Continuación de periodo de mayor actividad: 20 de abril a Agosto del 2006:			
29 de mayo, 2006	700 a 4000	SO, N y NO	Se registraron 8 explosiones (00:14 h, 00:52 h, 03.30 h, 06:30 h, 06:59 h, 07:29 h, 07:40 h y 09:47 h). Se reportaron caídas de ceniza a 20 km del cráter.
30 de mayo, 2006			En base a imágenes GOES se registra anomalía térmica alta en el edificio volcánico (22:31 h).
18 al 30 de junio, 2006	200 y 3800	SE, NE, NO, N	Periodo de incremento de la actividad, se registraron 11 explosiones, los días 18(2), 23(3), 24(2), 26, 27, 29 y 30. Se registraron caídas de ceniza hasta 17 km del cráter.
3 de junio, 2006			Se emitió el Comunicado Nro. 8, donde se recomienda elevar el nivel de alerta al color "naranja".
9 de junio, 2006			Evacuación de los pobladores de Tonohaya, San Miguel y Huatagua, al refugio de Chacchagén.
10 y 11 de junio, 2006			Evacuación de los pobladores de Ubinas y Escacha al refugio de Chacchagén.
24 de junio, 2006		SE, NE	Se produjo la explosión (7:54 h) mas energética de todo el proceso eruptivo, alcanzó los 719 MJ.
9 al 22 de julio, 2006	1500 a 3000	SE, O, SO, NO	Periodo de incremento de la actividad. Se registraron 20 explosiones los días 9, 10(3), 12(3), 13(2), 14(4), 16(2), 17, 18, 19 y 22(2) de julio.
13 de julio, 2006			Se emitió el Comunicado Nro. 9, donde se recomienda bajar el nivel de alerta al color "amarillo".
14 de julio, 2006	1600	SO	Se registraron 4 explosiones (00:36 h, 03:55 h, 04:13 h, 15:18 h). Las imágenes GOES muestran una pluma de 60 km de largo.
7 al 31 de agosto, 2006	1000 a 3000	SE, NE, E, S, SO	En base a imágenes GOES se registra una anomalía térmica alta en el edificio volcánico (01:01 h). Periodo de incremento de la actividad. Se registraron 11 explosiones los días 7(2), 10, 11, 12, 14, 17, 24, 25, 26, 31 de agosto.
20 de agosto, 2006	400 a 800	SE	Se registró la mayor energía total diaria acumulada (3137 MJ) de todo el proceso eruptivo.
Periodo de menor actividad: Setiembre 2006 a Diciembre 2008:			
12 al 30 de octubre, 2006	200 a 2000	SE, NE, O, E,	Periodo de ligero incremento de la actividad, se registraron 5 explosiones, los días 12, 13, 23, 28 y 30 de octubre.
17 al 30 de diciembre, 2006	300 a 2000	S, SE, N, O	Periodo de ligero incremento de la actividad, se registraron 6 explosiones, los días 17, 27, 28(2) y 30(2). Se produjeron caídas de ceniza hasta 12 km del cráter.
15 al 26 de enero, 2007	300 a 2000	E, NE, O, NO	5 explosiones: 15(2), 17, 24 y 26 de enero.
17 de enero, 2007			Emplazamiento de lahar (14:45 h) a través de las quebradas Volcanamayo y Ubinas.
11 de marzo al 27 de mayo, 2007	200 a 2500	SE, NO, O, SO, S, E, N, NE	Periodo de incremento de la actividad, se registraron 41 explosiones, los días 11, 13, 23(2), 28, 29, 30 y 31 de marzo; 1, 2(2), 3, 8(2), 10, 14, 15, 16, 18, 19(2), 22, 24, 26 de abril; y 1, 5, 14, 15, 16, 19, 22(2), 24(3), 25(5) y 27 de mayo. Se registraron caídas de ceniza entre 6 y 30 km de distancia del cráter.

Etapa/Fecha	Altura columna eruptiva (m)	Dirección de dispersión	Observaciones
5 al 17 de enero, 2008	200 a 3000	SO, O, E	Periodo de ligero incremento de la actividad, se registraron 8 explosiones, los días 5(2), 6, 7, 8(2), 15 y 17 de enero. Se registraron caídas de ceniza a 7 km de distancia.
28 de junio al 2 de julio, 2008	200 a 1100	SE, SO, E, O, S	Periodo de ligero incremento de la actividad, se registraron 6 explosiones los días 28(2), 29 y 30 de junio, 1, 2 de julio.
21 al 27 de julio, 2008	200 a 1000	E, SE, NE, SO, S	Periodo de ligero incremento de la actividad, se registraron 6 explosiones los días 21(4), 26 y 27 de julio.
13 al 31 de octubre, 2008	200 a 100	SO, O, N, NE, SE, S	Periodo de ligero incremento de la actividad, se registraron 9 explosiones los días 13, 14(2), 21, 24, 25(2), 29 y 31 de octubre.
5 al 14 de noviembre, 2008	100 a 1300	SE, S	Periodo de ligero incremento de la actividad, se registraron 6 explosiones los días 5, 7, 10, 13 y 14(2) de noviembre. Se produjeron caídas de ceniza hasta 15 km del cráter.

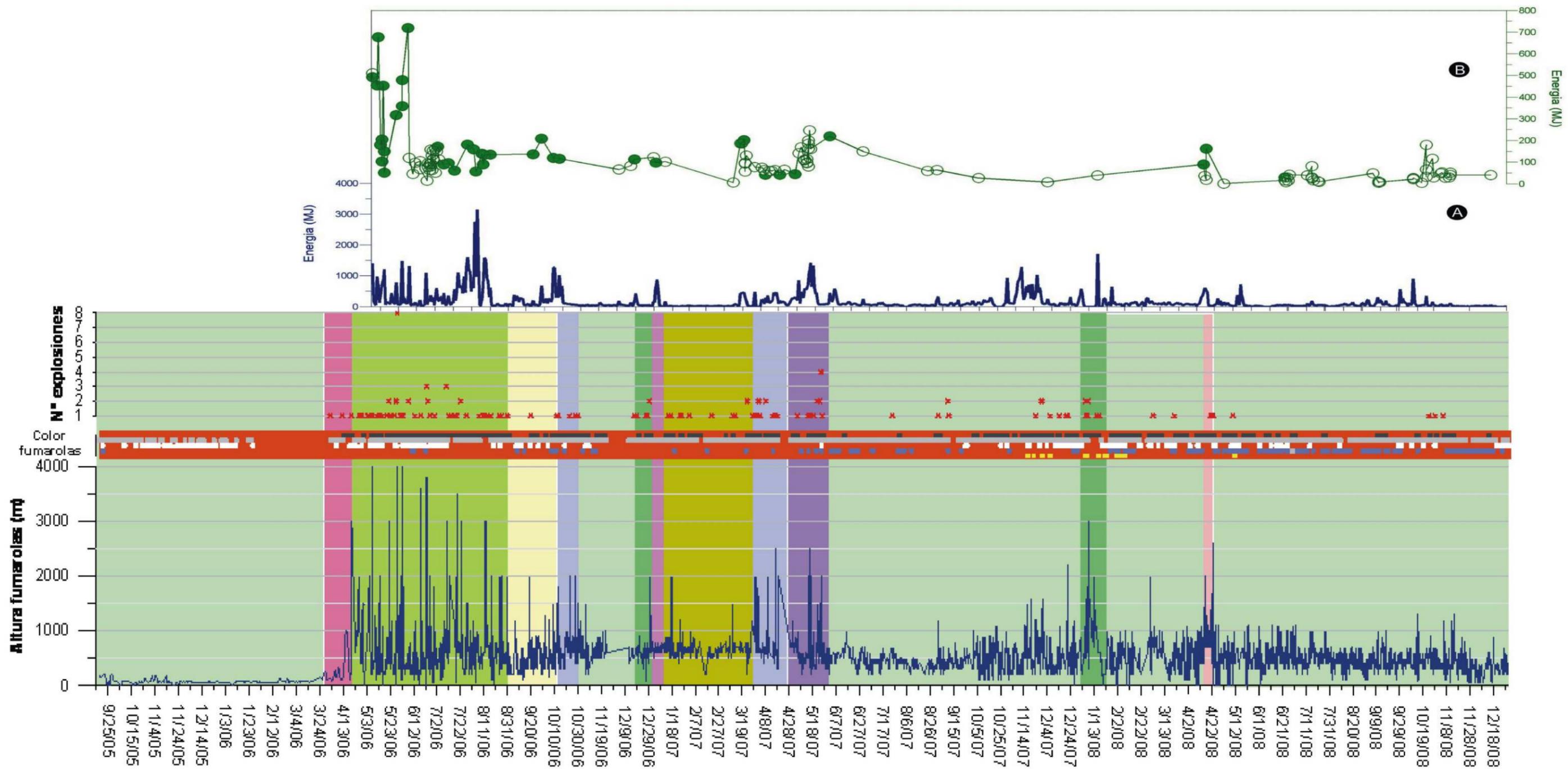


Figura 5.6 Resumen de los resultados del monitoreo del volcán Ubinas, durante el periodo 2005-2008. Se han considerado la altura y el color de la columna eruptiva y emisiones de gases, el número de explosiones, la energía sísmica acumulada diaria (azul) (a) y la energía liberada durante las explosiones (b).

CAPÍTULO VI

COMUNICADOS EMITIDOS POR EL COMITÉ CIENTÍFICO

Jersy Mariño¹, Orlando Macedo², Marco Rivera¹, Pablo Masías¹, Yanet Antayhua¹, Domingo Ramos¹, Armando Minaya³, Vicentina Cruz¹

¹ Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, ² Instituto Geofísico del Perú, ³ Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa

Uno de los objetivos principales de la Comisión de Ciencia y Tecnología AdHoc, constituida por el INDECI (3768-2006-INDECI/11.0) ante el incremento de la actividad del volcán Ubinas, fue la emisión de comunicados colegiados, donde se dé cuenta del estado y evolución del proceso eruptivo, y se emitan recomendaciones a las autoridades y la población sobre los cambios de alerta volcánica, a fin de evitar que ocurra un desastre. Los cambios de alerta volcánica se recomiendan en concordancia con la «Matriz de escenario, alerta y acciones», descrito en el *Anexo Plan de Contingencia* (Berolatti *et al.*, 2006).

El Comunicado N.º 1 fue emitido el 5 de abril de 2006, nueve días después de iniciado el proceso eruptivo. En dicho comunicado se da cuenta del inicio del proceso eruptivo del volcán Ubinas y se recomienda al SIREDECI-Moquegua, ubicar el nivel de alerta volcánica en el color «amarillo».

El 20 de abril de 2006, el Comité Científico emite el Comunicado N.º 3, donde se recomienda elevar el nivel de alerta volcánica al color «naranja» (figura 6.1) debido a un incremento sustancial del proceso eruptivo. Posteriormente, y ante el ligero descenso de la actividad volcánica, el Comité Científico recomendó bajar el nivel de alerta al color «amarillo» el 27 de abril (Comunicado N.º 5).

Ante un nuevo incremento de la actividad eruptiva, el 3 de junio de 2006, el Comité Científico recomendó elevar el nivel de alerta al color «naranja», a través del Comunicado N.º 8 (figura 6.2).

En base a este comunicado y la matriz de evacuación elaborada (leer capítulo VII), el CRDC-Moquegua procedió a implementar la evacuación de varios poblados del valle de Ubinas hacia el refugio de Chacchagén. En una primera fase fueron evacuados los pobladores de Tonohaya, San Miguel y Huatahua, el 9 de junio, y en una segunda fase los pobladores de Ubinas y Escacha, los días 10 y 11 de junio.

Durante la segunda quincena de junio, la actividad eruptiva bajó paulatinamente. Por tal razón, el día 13 de julio de 2006, el Comité Científico emitió el Comunicado N.º 9, donde se recomienda bajar el nivel de alerta volcánica al color «amarillo». Posterior a esta fecha y durante los años 2007 y 2008, el nivel de alerta se ha mantenido en color «amarillo».

Durante los años 2006, 2007 y 2008, el Comité Científico ha emitido 22 comunicados colegiados (ver anexo), donde se reporta la evolución de la actividad volcánica y se brindan recomendaciones a la población y autoridades para una adecuada gestión de la crisis. Dichos comunicados se enviaron físicamente y vía correo electrónico al SIREDECI-Moquegua, el INDECI, la Municipalidad Distrital de Ubinas, Municipalidad Provincial General Sánchez Cerro, medios de comunicación, entre otras instituciones. También se hallan publicados en la página web del INGEMMET (<http://www.ingemmet.gob.pe>).

NOTA DE PRENSA N° 03

EL INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ (IGP), INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO (INGEMMET) Y EL INSTITUTO GEOFÍSICO DE LA UNSA, en relación a la situación actual del volcán Ubinas, comunican lo siguiente:

Como es de conocimiento público, a partir del 13 de Abril se incrementó sensiblemente la emisión de gases y cenizas del volcán Ubinas, generando caída de cenizas y esporádicas lluvias ácidas hasta una distancia de 07 Km alrededor del cráter. Como resultado de la primera evaluación realizada, se consideró mantener un nivel de alerta "amarillo" (Nota de Prensa N° 2, de fecha 18 de Abril).

El día 19 de Abril se ha observado por primera vez el emplazamiento de lava (domo de lava) en el fondo del cráter del volcán. Este material incandescente, posee un diámetro de 60 m y un espesor aproximado de 4 m. Ello es una evidencia que el material magmático viene ascendiendo hacia la superficie de manera regular.

El día de hoy ha ocurrido dos explosiones volcánicas audibles en un radio de 6 km, a las 0:30 Hrs. y 6:00 Hrs. Luego de estas explosiones se ha generado una columna eruptiva (pluma) conformada por gases, cenizas y fragmentos pequeños de lava (de diámetro milimétrico) de aproximadamente 3 km de alto. Esta pluma se ha mantenido entre las 6 y 7 Hrs.

Los fenómenos antes mencionados forman parte de un proceso eruptivo normal del volcán y es uno de los escenarios que se esperaba ocurra. Sin embargo, subrayamos que este proceso podría disminuir en los siguientes días, como también incrementarse gradualmente.

Actualmente continuamos frente a un proceso eruptivo de magnitud pequeña, con un Índice de Explosividad Volcánica (IEV) igual a 1. Cabe recordar que la escala internacional en referencia (IEV), va de 0 a 8.

En las condiciones actuales, existe un peligro alto por caídas de gases, cenizas y fragmentos rocosos de pocos milímetros de diámetro, en un radio de 4 Km alrededor del cráter.

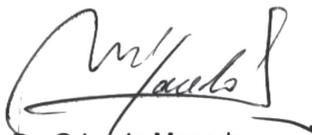
En base a las observaciones y evaluaciones efectuadas a la fecha, recomendamos al Sistema Regional de Defensa Civil elevar el nivel de alerta al color "naranja".

Asimismo, en razón del nivel de actividad existente, sugerimos se evite el ascenso de personas a la zona del cono volcánico, por encima de los 4500 m s.n.m.

Las instituciones que suscriben este documento continúan con los trabajos y observaciones científicas asociadas a este proceso eruptivo.

Finalmente, hacemos de conocimiento público que continuaremos informando oportuna y regularmente de la evolución de este fenómeno en los siguientes días.

Arequipa, 20 de Abril del 2006.


Dr. Orlando Macedo
IGP


Ing. Jersy Mariño
INGEMMET


Ing. Armando Minaya
IG-UNSA

Figura 6.1 Comunicado N.º 3, emitido por el Comité Científico el 20 de abril de 2006, donde se recomienda elevar el nivel de alerta volcánica al color «naranja».

COMUNICADO N° 08

EL INSTITUTO GEOFISICO DEL PERU (IGP), INSTITUTO GEOLOGICO MINERO METALURGICO (INGEMMET) Y EL INSTITUTO GEOFISICO DE LA UNSA (IG-UNSA), en relación a la situación actual del volcán Ubinas comunican lo siguiente:

Entre el 31 de mayo y 03 de junio, el volcán Ubinas ha presentando emisión continua de gases, emisiones de cenizas y explosiones que vienen fragmentado la lava y arrojándolos fuera del cráter. El día 31 de mayo a las 19:14 Hrs., luego de una pequeña explosión audible en un radio de 9 km del cráter, se produjo una fuerte emisión de gases y cenizas. La altura de la columna eruptiva alcanzó hasta los 1500 m, dispersándose en dirección S. El día 01 de junio a las 8:51 Hrs. y 13:40 Hrs., se produjeron importantes emisiones de gases y cenizas, que alcanzaron entre 1500 y 2000 m sobre el borde de la caldera y fueron dispersadas en dirección SE. El día 02 de junio a las 18:08 Hrs., se produjo una explosión audible hasta el pueblo de Ubinas, la cual arrojó fragmentos de lavas incandescentes que se elevaron hasta 200 m sobre el borde de la caldera, durante aproximadamente 40 segundos. Siguió a la explosión emisiones de gases y cenizas que alcanzaron entre 3000 y 4000 m de altura y fueron dispersados en dirección E y SE. En resumen, durante los últimos 07 días se ha producido un importante incremento de la frecuencia de explosiones y del volumen de cenizas y gases emitidos por el volcán.

El día de ayer viernes 02 de Junio, la estación sísmica telemétrica del volcán Ubinas ha registrado la más fuerte de las explosiones hasta ahora observadas en el actual proceso eruptivo del volcán. Esta explosión ha ocurrido a las 18:08 hrs. Dos horas más tarde (20:00 hrs.) los sismógrafos han registrado el inicio de sismicidad continua (tremores) la cual se ha prolongado por más de 15 horas. Esta es una actividad sísmica inusual, asociada al paso de fluidos (gases, exhalaciones y/o ascenso de material magmático).

Los resultados del monitoreo geoquímico de las aguas de fuentes termales asociadas al volcán Ubinas muestran, en general, pocas variaciones en los parámetros de pH y temperatura entre el 11 de mayo y 02 de junio. Sin embargo, la composición química de la fuente termal localizada a 6 km al SE del cráter, muestra a partir del 22 de abril un incremento gradual en la concentración de los iones carbonatos, lo cual indicaría un mayor ascenso de gases magmáticos en las últimas semanas.

Teniendo en consideración las informaciones, datos y observaciones que se han expuesto en este comunicado, las instituciones participantes en los trabajos de vigilancia recomiendan al SIREDECI-Moquegua elevar el nivel de alerta al color "naranja".

Las instituciones geocientíficas suscritas continuarán realizando trabajos de vigilancia volcánica continua y permanente, contando además con el apoyo de instituciones nacionales (SENAMHI-Arequipa, CONIDA), la cooperación internacional (IRD-Francia, Universidad de Hawaii-USA, Universidad B. Pascal-Francia), del Gobierno Regional de Moquegua y del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI).

Arequipa, 03 de Junio del 2006



Ing. Jersy Mariño
INGEMMET



Dr. Orlando Macedo
IGP



Ing. Armando Minaya
IG-UNSA

Figura 6.2 Comunicado N.º 8, emitido por el Comité Científico el día 3 de junio del año 2006, donde se recomienda elevar el nivel de alerta volcánica al color «naranja». En base a las recomendaciones brindadas en este comunicado el CRDCMoquegua implementó la evacuación de 5 poblaciones en riesgo.

CAPÍTULO VII

GESTIÓN SOCIAL DE LA EMERGENCIA ANTE EL INCREMENTO DE LA ACTIVIDAD DEL VOLCÁN UBINAS

En la historia de la humanidad, muchas erupciones volcánicas han generado grandes desastres. Como ejemplo es posible citar tres sucesos: la muerte de más de 30 mil personas ocasionadas por la erupción del volcán Mt. Pelée (Martinique, 1902); la destrucción de la ciudad de Armero, donde perecieron más de 23 mil personas a consecuencia de la erupción del volcán Nevado del Ruiz (Colombia, 1985); y las pérdidas materiales por más de 1 billón de dólares debido a la erupción del volcán Mt. St. Helens (EE. UU., 1980). Por otro lado, existen ejemplos en el mundo que muestran que una adecuada gestión del riesgo o manejo de una emergencia volcánica, puede mitigar o prevenir de manera efectiva los efectos de una erupción. Un buen ejemplo representa lo ocurrido durante la erupción del volcán Pinatubo (Filipinas, 1991), donde un monitoreo instrumental integral y la puesta en marcha de un sistema de alerta y planes de evacuación evitaron la muerte de miles de personas.

Por las consideraciones citadas, el SIREDECI-Moquegua, el Comité de Defensa Civil del Distrito de Ubinas, el INDECI, diversas ONG e instituciones que conforman el Comité Científico iniciaron trabajos de coordinación para un adecuado manejo de la emergencia o crisis volcánica. Estas coordinaciones y trabajos se enmarcaron en el *Plan de Contingencia* y el *Plan de Evacuación* (Berolatti *et al.*, 2006) (ver anexos), documentos elaborados con el aporte de todas las instituciones involucradas en la gestión de la crisis volcánica. Basados en el *Plan de Contingencia* y el *Plan de Evacuación*, se implementó la

construcción de los albergues, la rehabilitación de vías de comunicación y rutas de escape, la evacuación ordenada de la población en riesgo, así como la implementación logística para todos estos procesos. En los siguientes acápite se detallan estas acciones, que evitaron la pérdida de vidas humanas.

CAPACITACIÓN Y PREPARACIÓN DE LA POBLACIÓN PARA LA EVACUACIÓN

Agustín Gonzalez¹, Roxana Amache¹, José Acosta², José Luis Peralta³, Gilberto Romero¹, Jerisy Mariño⁴, Marco Rivera⁴

¹ Centro de Estudios y Prevención de Desastres, ² Municipalidad Distrital de Ubinas, ³ Gobierno Regional de Moquegua, ⁴ Instituto Geológico Minero y Metalúrgico

Una actividad importante en un plan de evacuación es el grado de conocimiento que la población tenga del mismo. La ONG PREDES recibió el encargo de capacitar a los pobladores sobre el contenido y significado del *Plan de Evacuación*. Este trabajo lo desarrolló en forma coordinada con los comités de Defensa Civil (CDC). Por otro lado, dada la importante que tiene que la población conozca los tipos de peligros volcánicos a los que está expuesta, se organizaron charlas de capacitación sobre dichos temas, dirigidos a estudiantes del nivel primario y secundario, docentes, autoridades y población en general, de todo el valle de Ubinas. Estas charlas estuvieron a cargo principalmente de vulcanólogos del INGEMMET.



Figura 7.1 Reuniones del CRDC-Moquegua y el CDC del distrito de Ubinas con participación de la Presidenta del CRDC-Moquegua, el alcalde del distrito de Ubinas, PREDES, el INGEMMET, entre otros.



Figura 7.2 Participación de integrantes del Comité Científico (INGEMMET) en las reuniones del Comité Distrital de Defensa Civil de Anascapa, con integrantes del CRDC-Moquegua (3 de mayo de 2006).

La ONG PREDES, con un equipo técnico especializado, ejecutó la preparación entre los meses de marzo y junio de 2006. Para ello desarrolló las siguientes acciones:

Fortalecimiento de los CDC

Durante la crisis volcánica, se asesoró a los CDC regional, distrital y comunal sobre el rol que cada uno tenía, para lo cual se desarrollaron reuniones de trabajo, tanto en Moquegua, Ubinas y las comunidades (figura 7.1).

En el proceso de preparación de las comunidades jugó un papel importante la participación de los vulcanólogos de las instituciones científicas. Dichos profesionales participaron en las charlas de capacitación y sensibilización, en las reuniones de los CDC regional y local, así como en las conferencias de prensa (figura 7.2). En todos estos encuentros explicaron los peligros volcánicos asociados al volcán Ubinas, las zonas que podrían ser afectadas y los escenarios futuros.

Fortalecimiento del Sistema de Alerta Temprana (SAT) ante erupción volcánica

Se promovió la articulación de los sistemas o componentes del SAT ante erupción volcánica, siendo este el nexo entre el

sistema de monitoreo y las comunidades. Se implementaron las siguientes acciones:

- Alerta a las autoridades regionales del inicio del proceso volcánico a través de la REDCOM ante emergencias y desastres, organizada, capacitada y equipada por PREDES durante 2005.
- Con las comunidades se identificaron el sistema de alarma a usarse, como campanas, silbatos y megáfonos. Se equipó a las comunidades con estos materiales.
- Se establecieron conjuntamente con las comunidades los puntos de concentración y embarque, así como las vías de evacuación, las que fueron señalizadas (figura 7.3).

Preparación de la evacuación hacia las zonas de refugio

Se elaboraron materiales de educación para la población. Estos materiales contenían información sobre la preparación de la evacuación y las medidas de seguridad a tomar en cuenta. Asimismo, se describieron las acciones de monitoreo que venía desarrollando el Comité Científico, a fin que los pobladores estuvieran tranquilos (figura 7.4).



Figura 7.3 Señalización de las vías de evacuación en la zona de Anascapa. Estas fueron utilizadas durante el proceso de evacuación de poblados aledaños al volcán Ubinas.

IMPACTOS DE UNA ERUPCIÓN VOLCÁNICA SOBRE LA VIDA DE LAS PERSONAS, DE SUS ANIMALES, DE LAS PLANTAS Y OTROS IMPACTOS

En el caso que el volcán llegue a explotar:

- Traumas múltiples, (contusiones, laceraciones diversas, fracturas óseas, conmoción cerebral)
- Quemaduras en la piel y en vías respiratorias,
- Muerte por aplastamiento de avalanchas de lodo y rocas
- Muerte por caída de proyectiles (rocas incandescentes).

ACCIONES PARA PROTEGERNOS DE LOS EFECTOS NEGATIVOS DE LAS EMISIONES DE GAS Y CENIZA QUE PRODUCE EL VOLCÁN

A) Para las personas:

- Lentes o anteojos cerrados
- Respirador (preferible de 1 o 2 filtros). La mascarilla (bozal de tela) no es buena protección.
- Debe protegerse la cabeza, preferible con un casco o gorra.

B) Para el ganado:

- Cobertizos cerrados
- Forraje limpio
- Agua en buen estado



 PROYECTO: "PREPARATIVOS PARA AFRONTAR LA CONTINGENCIA DE UNA ERUPCIÓN VOLCÁNICA DEL UBINAS"

VIGILANCIA DEL VOLCÁN UBINAS

MONITOREO SÍSMICO: registra los movimientos y vibraciones que ocurren dentro del volcán. Se realiza con sismógrafos, que permiten cubrir un rango más amplio de frecuencias en el movimiento del terreno, registrando la información en computadora, lo que los hace más rápidos y facilita el envío de información vía satélite y telefónica, en tiempo real.



MONITOREO GEODÉSICO: utiliza aparatos llamados inclinómetros, que registran las deformaciones en el volcán, generalmente provocadas por la presión que ejerce el material magmático al querer salir del interior por el cráter. También se registran emisiones usando mediciones de topografía.





 PROYECTO: "PREPARATIVOS PARA AFRONTAR LA CONTINGENCIA DE UNA ERUPCIÓN VOLCÁNICA DEL UBINAS"

EN QUE FORMA DARÁN LA ALERTA

Al recibir el aviso cualquier miembro del CCDC de preferencia el Presidente del Comité o presidente de la comisión de comunicaciones, estos tocan la campana de la iglesia con un toque discontinuo por el tiempo de 1 minuto, las familias tienen media hora para prepararse alistando maleta con documentos importantes, frazadas, mudas de ropa, agua, linterna, radio a pilas entre otras cosas, haciendo uso de burros o caballos los alistan para el traslado y se concentran en la plaza de la comunidad,



ESTADOS DE ALERTA PARA ERUPCIÓN VOLCÁNICA

ESTADO DE ALERTA	Fenómeno Observado	Interpretación: erupción violenta dentro de	Acción del Comité y Entidades
I (verde)	Actividad sísmica local aumento, algo de deformación en superficie, aumento la actividad fumarola	Meses o años	Informar a todas las entidades, evaluar y actualizar los planes de emergencia.
II (amarilla)	Aumento notable en actividad sísmica local: tasa de deformación, etc.	Semanas o meses	Verificar disponibilidad de equipo y personal para la posible evacuación, revisar los reservorios de materiales y suministros de víveres.
III (naranja)	Aumento dramático en las actividades sísmicas: temblores locales; actividad eruptiva moderada	Días o semanas	Anuncio público de posible emergencia y de las medidas adoptadas que incluye: traslado de personal y equipo para la posible evacuación, medidas de protección temporal, revisión de planes de contingencia.
IV (rojo)	Trasero sísmico de larga duración; aumento de actividad eruptiva	Horas a días	Evacuación de la población en las zonas amenazadas.



 PROYECTO: "PREPARATIVOS PARA AFRONTAR LA CONTINGENCIA DE UNA ERUPCIÓN VOLCÁNICA DEL UBINAS"

Ejecución del Plan de Evacuación

Reunidos en la Plaza todas las familias La comisión de operaciones pasa lista de acuerdo a padrón actualizado que llevan estos diariamente a fin de anotar las visitas que lleguen de familiares o la salida de aquellos fuera de la comunidad.



En la ruta de evacuación los demás integrantes de las comisiones apoyan a la comisión de ley y orden en el traslado de las familias evacuadas, la comisión de salud se traslada con materiales de auxilios como botiquines, camillas, sogas a fin que si algún poblador tiene un accidente en el camino rápidamente es auxiliado.





 PROYECTO: "PREPARATIVOS PARA AFRONTAR LA CONTINGENCIA DE UNA ERUPCIÓN VOLCÁNICA DEL UBINAS"

Figura 7.4 Cartillas de educación para informar a los pobladores los impactos de la erupción volcánica, los métodos de monitoreo, los mecanismos de la alerta temprana y la ejecución del Plan de Evacuación.

Por otro lado, se realizaron reuniones de capacitación con las comunidades a fin de mantenerlas informadas sobre la evolución de la crisis volcánica, las acciones que vienen desarrollando las diferentes comisiones de los CDC, las etapas que tiene una erupción volcánica y las previsiones que se deben hacer en

caso se evacue a la población (figuras 7.5 y 7.6). También se incluyó la capacitación de los integrantes de las instituciones educativas, con el apoyo permanente de los jóvenes voluntarios que se involucraron y a quienes se les denominó JOVOS (figuras 7.7 y 7.8).



Figura 7.5 Charlas de capacitación a los pobladores de Anascapa, sobre el significado y operatividad del *Plan de Evacuación*.



Figura 7.6 Charlas de capacitación a los pobladores de Tite, sobre el significado y operatividad del *Plan de Evacuación*.



Figura 7.7 Charlas de capacitación a estudiantes de la institución educativa de Ubinas.



Figura 7.8 Charlas de capacitación a estudiantes de la Institución Educativa de Ubinas, con activa participación de los JOVOS.

Equipamiento a los CDC

El equipamiento a los integrantes de los CDC consistió en la entrega de chalecos, gorros, linternas especiales, silbato y megáfonos. Los chalecos fueron entregados a los líderes de las comunidades para facilitar su identificación por parte de la población (figuras 7.9 y 7.10).

Implementación del refugio de Chacchagén y rehabilitación de carreteras

Gobierno Regional de Moquegua, Instituto Nacional de Defensa Civil, Municipalidad Distrital de Ubinas, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.

La zona de Chacchagén se encuentra ubicada en la margen derecha del río Tambo, a 1,5 km al norte del poblado de Matalaque (figura 7.11). A solicitud del CRDC-Moquegua, investigadores del INGEMMET realizaron una inspección geológica del área de Chacchagén el 8 de junio de 2006 (figura 7.12). Los profesionales del INGEMMET manifestaron que dicha área tenía condiciones aceptables de seguridad, es decir, existían pocas probabilidades de que sean afectadas por procesos geológicos potencialmente destructivos.

La implementación del albergue de Chacchagén fue ejecutado por el CRDC-Moquegua, el INDECI y el CDDC-Ubinas, con el apoyo y asesoramiento de PREDES, Cáritas del Perú y el INGEMMET. En el diseño e instalación de los albergues, se



Figura 7.9 Entrega y entrenamiento en el uso de los megáfonos, para ser usado durante el proceso de evacuación



Figura 7.10 Coordinaciones con los líderes para hacer frente al proceso de evacuación. Varios de ellos fueron equipados con megáfonos y chalecos para facilitar su identificación.

aplicaron los capítulos técnicos de la Carta Humanitaria y las Normas Mínimas en caso de desastre (ESFERA), referidos a normas comunes, agua y saneamiento, espacios para alimentación, instalación del albergue por comunidades y familias,

salud. Se dejaron espacios de recreación, barreras contra fuego, zonas de agua y saneamiento (figura 7.13). En la habilitación de área para el refugio se usaron equipos topográficos, maquinaria pesada y participaron ingenieros civiles (figura 7.14).



Figura 7.11 Área donde se implementó el refugio de Chacchagén.



Figura 7.12 Profesionales del INGEMMET realizando una inspección geológica de la zona de Chacchagén, donde se habilitó el refugio (8 de junio de 2006).

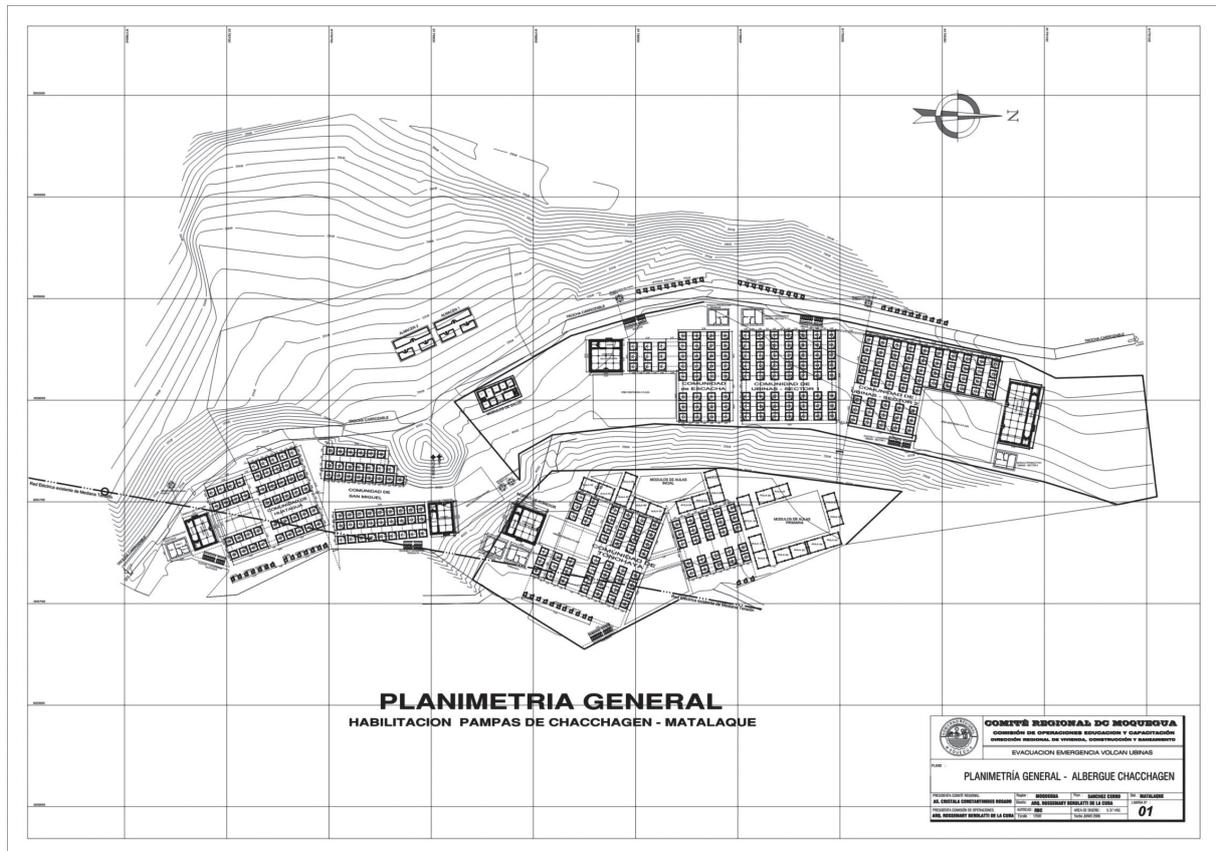


Figura 7.13 Plano del refugio de Chachagen. En su diseño se consideraron áreas para albergues familiares, saneamiento, alimentación, esparcimiento, centro de salud, entre otros.



Figura 7.14 Habilitación del terreno para instalar el refugio de Chachagén

Para ello se usaron equipos topográficos, maquinaria pesada, entre otros.

Se implementaron las siguientes acciones para la habilitación del refugio de Chacchagén durante 2006:

- Traslado de 3 camiones con ayuda humanitaria a ser utilizado para la instalación del albergue de Chacchagén, el 5 de junio.
- Envío de 2 cisternas con capacidad de 3 y 5 mil galones, para el abastecimiento de agua para los pobladores evacuados al refugio de Chacchagén.
- Construcción de lozas para el puesto de salud y viviendas.
- Construcción de un relleno sanitario.
- Armado de 315 carpas, distribuidos de la siguiente forma: 61 carpas para los evacuados de Tonohaya, 46 para los de San Miguel, 48 para los de Huatahua, 119 para los de Ubinas y 41 para los de Escacha (figura 7.15).
- Construcción de módulos de vivienda. El 24 de julio, ya se contaban con 42 módulos para los refugiados provenientes de la comunidad de Escacha, 12 módulos para la comunidad de Ubinas, 30 módulos para los de Huatahua, 53 para los de Tonohaya.
- Entrega de alimentos.
- Excavación de posos ciegos para la instalación de letrinas (figura 7.16a y b). El día 24 de junio se culminó con la construcción de 40 letrinas.
- Acondicionamiento de plataformas para la instalación de reservorios de agua.
- Contratación de 11 carpinteros para el armado de módulos de vivienda en el albergue.
- Construcción del centro de salud, comedores, duchas y reservorios, los mismos que fueron culminados el 20 de junio.
- Habilitación de lozas de concreto como plataforma para la construcción de módulos de vivienda.
- Instalación de 3 carpas alemanas para el puesto de coordinación de emergencia en el albergue de Chacchagén. Se instaló radio HF, para coordinaciones y conocer el estado de la actividad volcánica.
- Instalación de aulas prefabricadas, las mismas que se culminaron en la primera semana de agosto.
- Abastecimiento de materiales para la instalación del albergue, tales como calaminas, colchones, frazadas, fierros, etc. (figura 7.17a y b).



Figura 7.15 Armado de carpas en el refugio de Chacchagén.

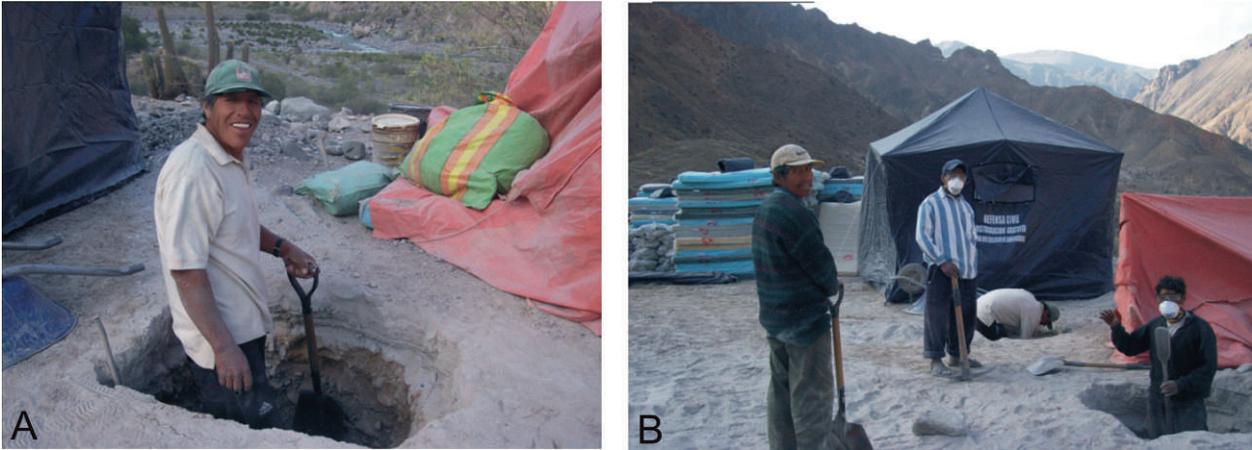


Figura 7.16 (a) y (b) Construcción de pozos ciegos para letrinas en el refugio de Chacchagén (7 de junio de 2006).



Figura 7.17 (a) y (b) Abastecimiento de materiales para el albergue, tales como calaminas y colchones.

Para facilitar la evacuación de los pobladores, también se consideró la rehabilitación de vías de comunicación (carreteras). Para ello se utilizaron un tractor neumático, una moto niveladora, tres volquetes, un tractor oruga, dos camionetas y un cisterna (figura 7.18 a y b). Las vías rehabilitadas fueron las siguientes:

- Carretera Ichicolla-Salinas Moche (9 km).
- Carretera Logén-Santa Lucía (4,5 km).
- Carretera Empalme ruta 503-Santa Lucía (4,5 km).
- Carretera Calo Calo-Pocón (15,75 km).

Posteriormente, se rehabilitó la vía Anascapa-Logén, lo que permitía una salida hacia Arequipa sin pasar cerca al flanco sur del volcán Ubinas. Asimismo, se abrieron dos nuevas

vías carrozables: la vía Huarina-Chacchagén-Matalaque y Tonohaya-Anascapa.

Adicionalmente y en vista de que las carpas y módulos de vivienda, no resistían los embates del viento y el frío, se decidió la construcción de 55 módulos de vivienda resistente, acorde con los estándares de ayuda humanitaria para refugio. Además, se decidió la construcción del sistema de agua potable para el refugio. Estas dos acciones fueron ejecutadas por Cáritas del Perú, gracias a la donación de 200,000 dólares americanos, del Banco Interamericano de Desarrollo (BID).

El monto transferido por el INDECI para la implementación del albergue de Chacchagén fue de S/. 3'500,000.00 (Resolución Jefatural N.º 276-INDECI). Los materiales adquiridos se muestran parcialmente a continuación:

PROGRAMA DE INVERSIONES FTE. FTO. DONACIONES Y TRANSFERENCIAS
RESOLUCIÓN JEFATURAL N 276-INDECI
FECHA: 17/06/2006
NOMBRE DE PROYECTO ACTIVIDAD
Adquisición de aditivos para la potabilidad del agua a ser distribuida a población evacuada por el riesgo inminente de erupción del volcán Ubinas (R.J. N.º 276-INDECI-RER N.º 515-2006).
Adquisición de reservorios temporales de agua potable para la población evacuada por riesgo inminente de erupción del volcán Ubinas (R.J. N.º 276-INDECI).
Abastecimiento provisional de agua potable, zona de evacuación localidad de Chacchagén, distrito de Matalaque (R.J. N.º 276-INDECI-RER N.º 456-2006).
Habilitación de energía eléctrica en el centro de evacuación Chacchagén-Ubinas (R.J. N.º 276-INDECI).
Rehabilitación de la trocha carrozable Chacchagén-Huarina-Matalaque para garantizar una evacuación inmediata (R.J. N.º 276-INDECI).
Habilitación de módulos de aulas provisionales (R.J. N.º 276-INDECI).
Adquisición de calaminas para obras provisionales en el campamento de Chacchagén (R.J. N.º 276-INDECI).
Adquisición de madera para estructuras de edificaciones provisionales en el campamento de Chacchagén y Santa Lucía (R.J. N.º 276-INDECI).
Protección de animales de las zonas evacuadas por la actividad del volcán Ubinas (R.J. N.º 276-INDECI).
Acondicionamiento de plataformas para la instalación de la población evacuada (R.J. N.º 276-INDECI).
Actividades conducentes al apoyo alimentario de la población damnificada por actividad volcánica (R.J. N.º 276-INDECI).
Habilitación de 1 módulo de atención de salud provisional en el albergue de Chacchagén (R.J. N.º 276-INDECI).
Provisión de combustible para evacuar personas, animales y movilizar personal de apoyo por inminente erupción del volcán Ubinas.
Habilitación de plataformas para los módulos de vivienda, comedores y almacenes en el sector Chacchagén.
Abastecimiento provisional de agua potable, zona de evacuación localidad de Chacchagén, distrito de Matalaque, II Etapa (R.J. N.º 276-INDECI).
Protección y seguridad a las personas reubicadas en la localidad de Chacchagén.
Adquisición de tuberías y accesorios para el abastecimiento de agua potable para la población evacuada por riesgo inminente de erupción del volcán Ubinas.
Adquisición de alimentos para población evacuada a zona de Chacchagén.
Actividades conducentes al apoyo alimentario de la población damnificada por actividad volcánica (mantener los niveles de nutrición).
Abastecimiento provisional de agua potable, zona de evacuación localidad de Chacchagén, distrito de Matalaque, III Etapa (R.J. N.º 276-INDECI).
Abastecimiento provisional de agua potable, zona de evacuación localidad de Chacchagén, distrito de Matalaque, IV Etapa (R.J. N.º 276-INDECI).
MONTO APROBADO: S/. 3'500,000.00
ASIGNACIÓN: S/. 3'243,000.234



Figura 7.18 (a) y (b) Maquinaria pesada que fue utilizada para la rehabilitación de las vías de comunicación.

Aportes de PREDES en la implementación del refugio de Chacchagén

Agustín Gonzalez¹, Roxana Amache¹, Gilberto Romero¹

¹ Centro de Estudios y Prevención de Desastres

PREDES asesoró y acompañó en la habilitación del terreno a usarse en el albergue, en el abastecimiento de materiales para el albergue, en la instalación de carpas, en el equipamiento de materiales en el almacén y en la instalación del sistema de abastecimiento de agua en el albergue. Se instalaron 6 reservorios portátiles de 10000 litros cada uno, de fabricación inglesa proveídos por OXFAM GB (figura 7.19 a y b).



Figura 7.19 (a) y (b) Instalación de reservorios portátiles e inauguración de los mismos, a cargo de la Presidenta del CRDC-Moquegua.

EJECUCIÓN DE LA EVACUACIÓN DE LAS POBLACIONES AFECTADAS

Elaborado por: Gobierno Regional de Moquegua, Instituto Nacional de Defensa Civil, Municipalidad Distrital de Ubinas, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico

Entre los días 29 de mayo y 3 de junio, se registró un incremento importante del proceso eruptivo, reflejado en una mayor emisión de ceniza, más explosiones e incremento de la actividad sísmica del volcán Ubinas. Frente a ello el Comité Científico emitió el Comunicado N.º 8, con fecha 3 de junio, donde recomienda al CRDC-Moquegua, elevar el nivel de alerta al color «naranja».

En base a las recomendaciones emitidas en el Comunicado N.º 8, el CRDC-Moquegua toma la decisión de implementar la evacuación preventiva de los pobladores de las localidades de Tonohaya, San Miguel, Huatagua, Ubinas y Escacha, hacia el refugio de Chacchagén, siguiendo los lineamientos establecidos en el *Plan de Contingencia* y el *Plan de Evacuación* (Berolatti *et al.*, 2006). Los preparativos para concretar la evacuación empezaron el 4 de junio.

Considerando el número de refugiados y que solamente se habían construido 22 letrinas por parte del Gobierno Regional de Moquegua, PREDES construyó 40 letrinas adicionales de hoyo seco, repartidas entre las 5 comunidades, de acuerdo a su población, incluyendo algunas para la institución educativa. Asimismo, se construyeron módulos sanitarios (lavaderos de ropa, tendedores y duchas) con pozo percolador para aguas grises. Se instalaron en forma equitativa en cada comunidad. Para facilitar el funcionamiento de los módulos sanitarios, se construyó una red de distribución de agua.

Para el proceso de evacuación, se tomó en cuenta el organigrama mostrado en la figura 2 del anexo «*Síntesis del Plan de Evacuación*». A cargo del proceso de evacuación estuvo la Comisión de Ley y Orden del CRDC-Moquegua, al mando de la Policía Nacional del Perú (PNP). Las familias, siguiendo lo establecido en el *Plan de Evacuación*, se concentraron en los puntos de embarque en cada una de sus comunidades de origen.

El proceso de evacuación se llevó a cabo en dos etapas: en la primera etapa se evacuó a los pobladores de Tonohaya, San Miguel y Huatahua, el día 9 de junio de 2006; en una segunda etapa, se evacuó a los pobladores de Ubinas y Escacha, los días 10 y 11 de junio del mismo año. En total se evacuó a cerca de 1356 personas, de las cuales 679 provenían del pueblo de Ubinas, 243 de Tonohaya, 153 de San Miguel, 115 de Escacha y 166 de Huatahua (Berolatti *et al.*, 2006).

Camiones llegados desde Moquegua por orden de la Presidenta del CRDC-Moquegua, transportaron a las personas desde los puntos de embarque en cada comunidad hacia la comunidad de Huatagua cerca al albergue de Chacchagén. Desde allí, los varones se trasladaron a pie hasta el albergue de Chacchagén.

Sin embargo, las mujeres fueron transportadas en vehículo hasta el albergue de Chacchagén, siguiendo la ruta Huatahua-San Miguel-Tonohaya-Ubinas-Querapi-Sacoaya-Anascapa-Chacchagén (figuras 7.20-7.27). Se optó por trasladar a las mujeres en camiones debido a su poca costumbre de caminar y dificultad por llevar peso. En la zona andina los varones tienen mejor resistencia para caminar y transportar cargas pesadas.

En el proceso de evacuación apoyaron cerca de 94 personas, pertenecientes a la Policía Nacional del Perú, Ejército del Perú, Gobierno Regional de Moquegua, Compañía de Bomberos de Moquegua, Municipalidad Distrital de Ubinas, Municipalidad Provincial Sánchez Cerro y el INDECI (tabla 7.1). Se utilizaron 5 camiones porta tropa, 11 volquetes, camionetas y camiones, entre otros (tabla 7.2).

Tabla 7.1
Personal de apoyo que participó en los procesos de evacuación

Cantidad	Observaciones
30	Efectivos de tropa del Ejército Peruano, a cargo del mayor Nino Romero
20	Efectivos de la PNP-Moquegua, a cargo del coronel Hernán Acurio
10	Efectivos de la Compañía de Bomberos Moquegua, responsable Jorge Coaquira
15	Brigadistas del Comité Regional DRDCM
1	Psicólogo de ESSALUD
1	Nutricionista de ESSALUD
3	Psicólogos de la Dirección Regional de Salud Moquegua
15	Médicos, enfermeras y técnicos, de la Dirección Regional de Salud, a cargo del Dr. Victor Oporto

Tabla 7.2
Logística utilizada para los procesos de evacuación y el acondicionamiento del albergue de Chacchagén

Cantidad	Institución responsable	Observaciones
5 camiones portatropa	Ejército Peruano	Traslado de ayuda humanitaria y personal evacuado.
3 volquetes	Dirección Regional de Agricultura	Traslado de ayuda humanitaria y personal evacuado.
2 volquetes	Gobierno Regional de Moquegua	Traslado de ayuda humanitaria, traslado de escombros y traslado personal evacuado.
2 volquetes	Dirección Regional Transportes	Traslado de ayuda humanitaria, traslado de escombros y traslado personal evacuado.
2 camionetas	Salud Ubinas	Traslado de evacuados.
6 camionetas	Gobierno Regional de Moquegua	Traslado de evacuados, Comité Científico, Comisión de Operaciones y Ley y Orden.
1 volquete	Proyecto Pasto Grande	Traslado de ayuda humanitaria.
1 volquete	Municipalidad Provincial de Sánchez Cerro	Traslado de material de construcción y evacuados.
1 volquete	Municipalidad Distrital de Matalaque	Traslado de material de construcción y evacuados.
1 camión	Municipalidad Distrital de Ubinas	Traslado de combustible y personal evacuado.
2 camioneta	Municipalidad Distrital de Ubinas	Traslado Comité Científico y evacuados.
1 camioneta	INDECI Moquegua	Traslado evaluadores de daños y personal evacuado.
1 camioneta	Dirección Regional de Agricultura	Traslado de evaluadores de daños.

continuación.....

Cantidad	Institución responsable	Observaciones
1 tractor oruga	Gobierno Regional de Moquegua	Movimientos de tierras (Chacchagén) y apertura de caminos.
2 cargadores frontales (D-6 Y D-8)	Gobierno Regional de Moquegua	Movimientos de tierras (Chacchagén) y apertura de caminos.
2 cisternas	Gobierno Regional de Moquegua	Dotación de agua para consumo humano.
1 cisterna	Gobierno Regional de Moquegua	Apertura de caminos y acondicionamiento de albergue.
1 rodillo	Gobierno Regional de Moquegua	Apertura de caminos.
3 plataformas	Gobierno Regional de Moquegua	Traslado de maquinaria.
1 moto niveladora	Gobierno Regional de Moquegua	Apertura de caminos.
1 minibus	Dirección Regional de Transportes	Traslado al personal de carpintería, para armado de módulos prefabricados y personal de cocina.
2 castillos de luz	INDECI Moquegua	Alumbrado eléctrico en albergue Chacchagén.
3 instalaciones de líneas telefónicas	Gobierno Regional de Moquegua y Telefónica del Perú	2 en albergue de Chacchagén y 1 de Matalaque.
2 estaciones de radio de onda fija	Gobierno Regional de Moquegua	2 en albergue de Chacchagén y 1 apoyo a comisión científica (INGEMMET).
Adquisición combustible: 12000 gn de petróleo y 6000 gn de gasolina	Gobierno Regional de Moquegua	Se utilizó para la evacuación solo el 30% de combustible. El saldo lo asumió la gestión de 2007-2010.



Figura 7.20 (a) y (b) Coordinaciones y preparación de efectivos de la Policía Nacional del Perú, Ejército del Perú y Compañía de Bomberos de Moquegua para apoyar en los procesos de evacuación.

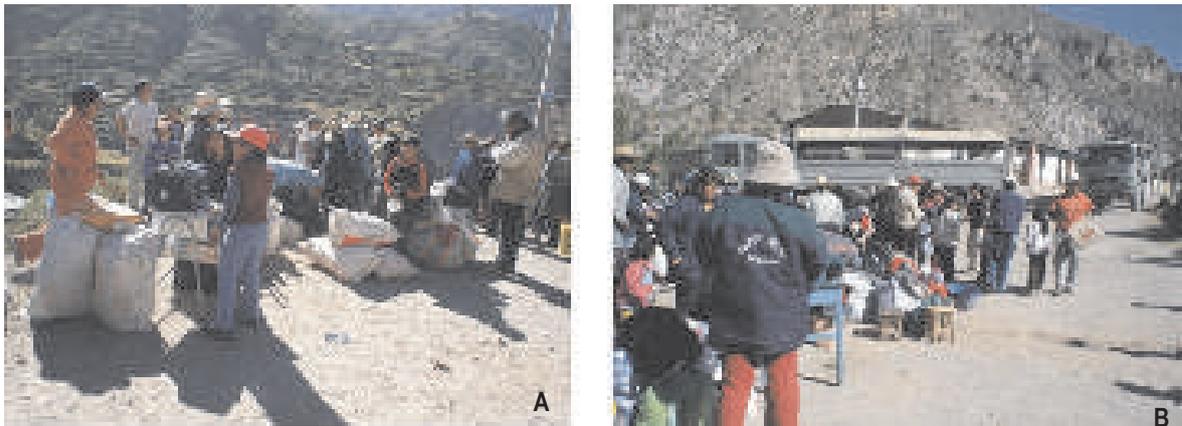


Figura 7.21 Concentración de pobladores de Tonohaya (a) y Huatahua (b) para iniciar el proceso de evacuación. Cerca sus pertenencias más importantes.



Figura 7.22 (a) y (b) Niños a la espera de ser evacuados hacia Chacchagén. Cerca a ellos sus pertenencias más importantes.

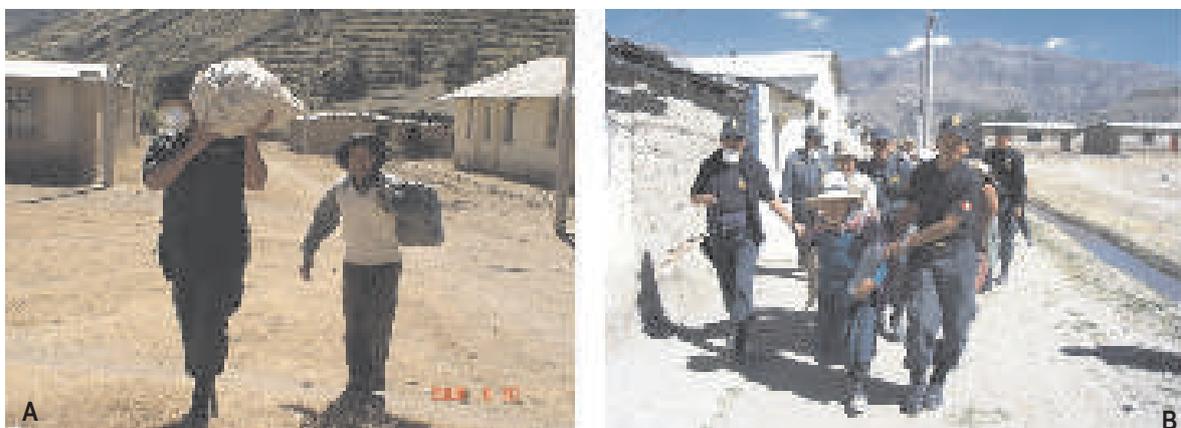


Figura 7.23 Efectivos de la Policía Nacional del Perú apoyando a ancianos de las localidades de San Miguel (a) y Querapi (b) para ser trasladados al refugio de Chacchagén.



Figura 7.24 Miembros de la Compañía de Bomberos (a) y de la Policía Nacional del Perú (b) apoyando a jóvenes y niños, para abordar los volquetes y ser evacuados.



Figura 7.25 Desplazamiento de pobladores a bordo de camiones porta tropa (a) y volquetes (b) hacia el refugio de Chacchagén.



Figura 7.26 (a) y (b) Caravana de volquetes, camiones y camionetas, que trasladan a los evacuados y sus pertenencias.



Figura 7.27 Ceremonia de recibimiento de pobladores evacuados en el albergue de Chacchagén. a) La Presidenta del CRDC-Moquegua, Sra. Cristala Constantinides, es recibida en Chacchagén; b) pobladores de Matalaque, distrito donde se halla el refugio de Chacchagén, dan la bienvenida a los evacuados.

ORGANIZACIÓN Y CONVIVENCIA EN LOS ALBERGUES

Elaborado por: Gobierno Regional de Moquegua, Instituto Nacional de Defensa Civil, Municipalidad Distrital de Ubinas, Instituto Geológico Minero y Metalúrgico

Luego de culminada la evacuación de los pobladores, el 12 de junio de 2006, se entró a la fase de organización y convivencia de cerca de 1356 personas en el albergue de Chacchagén. El albergue fue dividido en 5 sectores principales, en cada sector se ubicaron pobladores provenientes de los 5 centros poblados: Tonohaya, Ubinas, San Miguel, Huatahua y Escacha (figuras 7.28 y 7.29).

La organización y convivencia en los albergues fue dirigido por el CRDC-Moquegua, CDC del Distrito de Ubinas y los CDC comunales. También participaron en dicho trabajo la ONG PREDES, Cáritas del Perú, la Dirección Regional de Salud de Moquegua, la Dirección Regional de Vivienda, Saneamiento y Construcción de Moquegua, la Dirección Regional de Educación de Moquegua, el INDECI y la Policía Nacional del Perú.

Para la alimentación de los refugiados, se implementaron «ollas comunes» en cada uno de los 5 sectores; ello estuvo a cargo de madres de familia (figura 7.30a y b). El albergue incluyó zonas de residencia, letrinas, cocinas, comedores, almacenes, área para la atención de salud, educación, ambientes productivos entre otros (figura 7.13).

Los refugiados permanecieron en el albergue de Chacchagén durante más de un año, luego del cual fueron retornando a sus

lugares de origen de manera progresiva, ante la disminución de la actividad eruptiva. La decisión de retornar a sus lugares de origen fue adoptada por los pobladores durante reuniones celebradas en el refugio de Chacchagén. En estas reuniones también participaron las autoridades locales y los responsables del CRDC-Moquegua, estos últimos estaban a cargo de la administración del refugio.

Un censo realizado por el CRDC-Moquegua, durante el mes de diciembre de 2006, arrojó que en total permanecían en el albergue cerca de 832 personas, de los cuales 335 provenían del pueblo de Ubinas, 145 de Tonohaya, 139 de San Miguel, 86 de Escacha y 127 de Huatahua.



Figura 7.28 Refugio de Chacchagén, en este sector fueron ubicados los pobladores provenientes de Escacha y Huatahua.



Figura 7.29 Refugio de Chacchagén, vista del sector donde fueron ubicados los pobladores provenientes de Ubinas, Tonohaya y San Miguel.



Figura 7.30 (a) y (b) «Ollas comunes» implementadas en los 5 sectores que conforman el albergue de Chacchagén. A través de estas, se alimentó a todos los refugiados y personal de apoyo.

Aportes de PREDES en la organización y funcionamiento de los albergues

Agustín González¹, Roxana Amache¹, Gilberto Romero¹

¹ Centro de Estudios y Prevención de Desastres

La ONG PREDES ejecutó el proyecto «Apoyo a población desplazada hacia el refugio de Chacchagén», con el apoyo financiero de OXFAM y de Diakonia (Suecia). Se contó con un coordinador, un especialista en emergencias, una

promotora social, una psicóloga y un especialista en obras de acondicionamiento físico.

Para realizar los trabajos de apoyo, PREDES construyó dentro del albergue un módulo de uso múltiple. Además contó con una camioneta permanente totalmente operativa, la misma que sirvió de apoyo a las necesidades más urgentes del albergue. A continuación se detallan las acciones más resaltantes.

Mantener la organización dentro del albergue, así como su auto administración, fue una de las tareas claves que nos propusimos.

Con este fin, se tuvieron reuniones continuas con la población y con las autoridades, en las cuales se abordaron los problemas internos y las necesidades de la población (figura 7.31).

La situación de convivencia en el albergue por momentos se complicaba y las relaciones se tornaban tensas. Esto debido al estrés y angustia de la gente, que se alimentaba con la incertidumbre sobre su futuro. Se tenía que brindar apoyo psicológico para superar la tendencia de buscar culpables y/o responsables. La estrategia inicial fue abrir la comunicación, escuchar todas las demandas para luego clasificarlas según competencias de las instituciones, lo que permitió dirigir los pedidos de manera directa según responsabilidad institucional. A la vez se mantuvieron acciones de sensibilización sobre la participación permanente de los pobladores en la solución de sus problemas.

Fue necesario trabajar en el tema de liderazgo. Los dirigentes tenían que comprender que no se podía imponer las cosas,

sino más bien concertar y coordinar acciones con los pobladores para beneficio de su comunidad. El rol de la mujer en situaciones adversas cobró mayor relevancia. Fueron ellas las que se encargaron de mantener el equilibrio necesario en el funcionamiento del albergue, asumiendo diversas tareas (figura 7.32a y b). Sin embargo, se advirtió la falta de participación de las mujeres en la toma de decisiones, pues mantenían un perfil bajo, entonces se inició un trabajo de empoderamiento de ellas, reconociendo liderazgos gracias a lo cual se fue mostrando su capacidad para gestionar y para hacerse escuchar, trabajando siempre en función a intereses colectivos.

Por otro lado, se involucró la participación de los JOVOS. Se llevó a cabo con ellos un extenso programa de capacitación teórico-práctica, así como actividades recreativas. Como resultado, los jóvenes se motivaron y asumieron diversas labores de apoyo a las personas instaladas en el albergue, tareas de limpieza del albergue y promoción de un ambiente sano, mediante campañas comunicacionales (figura 7.33).



Figura 7.31 Participación de personal de PREDES en las reuniones de coordinación con las autoridades y la población asentada en el albergue de Chacchagén.



Figura 7.32 (a) y (b) Participación activa de las mujeres, especialmente madres de familia en la organización y funcionamiento del albergue de Chacchagén.



Figura 7.33 Participación activa de los JOVOS, en la organización y convivencia en el albergue de Chacchagén.

Considerando que en la zona había un clima soleado y temperaturas altas en Chacchagén, PREDES construyó espacios de sombra con toldos de malla para cada comunidad, donde se pudiera reunir la población o donde pudieran jugar los niños.

Otra necesidad atendida fue la construcción de 5 módulos para los CET PRONOEI (figura 7.34), para mejorar las condiciones de

atención a los niños de 3 a 5 años que venían realizando sus actividades educativas en carpas de plástico, sin ningún tipo de comodidad. También se construyó un parque de juegos mecánicos infantiles, a fin de contribuir en la recuperación emocional de los niños (figura 7.35).



Figura 7.34 Construcción de Centros Educativos PRONOI, para los niños en el albergue.



Figura 7.35 Construcción de áreas de recreación para niños

Donación de utensilios para cocinar, ropa y útiles de limpieza

El derecho de vivir con dignidad es un principio fundamental, por ello se analizó las carencias en diversos rubros fundamentales para resolver necesidades básicas. Por ello se decidió donar enseres diversos a las familias afectadas (figura 7.36), algunos de uso común y otros de uso familiar y personal, tales como calentadoras, sartenes, mandiles, implementos de cocina, cucharones, *tapers* (5 para cada familia), termos, tinas, escobas y recogedores, bolsas para basura, artículos de higiene personal, zapatillas para niños de 2 a 14 años, pelotas para instituciones educativas.

Programa de recuperación emocional en las niñas, niños y adolescentes

Este programa se ejecutó para afrontar una problemática generalmente no vista y no valorada por las instituciones públicas, que es el impacto emocional producido como consecuencia del proceso eruptivo y la evacuación forzada. Esta situación alteró drásticamente el modo de vida de la gente, sus actividades económicas, pero también sus actividades cotidianas, incluyendo la actividad escolar y el abastecimiento de alimentos.

Este programa tuvo una duración de 5 meses. Se dió soporte emocional y apoyo psicológico en emergencia a niños y niñas, a través de 16 sesiones bajo la modalidad de juegos diversos, utilizando la metodología de UNICEF, para ello se contó con el apoyo de los JOVOS en etapa de formación (figura 7.37a y b). El programa hizo visible la infancia, como parte de las comunidades asentadas en el refugio, pero también se hicieron visibles sus derechos.

El trabajo psicológico también estuvo orientado hacia los adultos, a través del denominado «Escuela para Padres». Se realizó una labor educativa a los padres de familia para que pongan más atención en la educación de sus hijos, mejorar la comunicación y respetar sus derechos. Se implementaron reuniones con mujeres líderes para levantar su autoestima y adquirir habilidades para apoyar a la comunidad. También se organizaron talleres con docentes sobre tutoría y convivencia escolar, sobre estrategias para detectar problemas en los estudiantes y ayudarles a solucionarlos.

Finalmente, se implementó un programa radial con 24 emisiones dirigido a la población asentada en el refugio, para sensibilizar sobre los problemas y la forma de manejarlos.



Figura 7.36 Entrega de zapatos y zapatillas a niños que se encontraban en el albergue de Chacchagén.



Figura 7.37 (a) Niños y niñas participando en sesiones de juego de recuperación emocional en el refugio de Chacchagén. (b) Adolescentes voluntarios apoyan a niños y niñas en juegos de recuperación emocional en el albergue de Chacchagén.

EL ROL DE LOS MEDIOS DE COMUNICACIÓN EN LA GESTIÓN DE LA CRISIS VOLCÁNICA

Jersy Mariño¹

¹ Instituto Geológico Minero y Metalúrgico

Durante la gestión de una crisis volcánica, los medios de comunicación masivos (radio, televisión y prensa escrita) juegan un rol importante en el éxito o fracaso de las operaciones de emergencia. Todo depende de cómo se suministre y maneje la información, de la preparación de los científicos y autoridades para brindar una adecuada y oportuna información a los medios, y del tipo de manejo que hagan los editores de los medios de comunicación de la información suministrada. Muchas veces la información puede significar la diferencia entre la vida y la muerte.

Según el libro *La Comunicación frente a las erupciones volcánicas: Guía de preparativos de salud frente a las erupciones volcánicas* (OMS, 2005), para evitar el pánico y la confusión en la población, generados por los rumores y la información imprecisa, es imperativo que las instituciones oficiales preparen con antelación un plan efectivo para el manejo de flujo de información durante la crisis volcánica. Durante esta etapa se pone a prueba la efectividad de un plan de comunicación, sobre todo en lo que respecta a los procesos internos de comunicación, las alianzas interinstitucionales y con los medios de comunicación, y también el resultado de las estrategias educativas o informativas previas. Durante la crisis, las estrategias y acciones de las instituciones deben orientarse a los siguientes objetivos: a) brindar información a la población sobre las acciones presentes y futuras para responder a la emergencia, alentando la participación de toda

la sociedad; b) responder rápida, positiva y abiertamente a los cuestionamientos de la población afectada para lograr y mantener la confianza pública; y c) proporcionar información veraz sobre la adopción de ciertas acciones, así como sobre ayudas que se proporcionan con el objetivo de generar seguridad, eliminar rumores y reducir la incertidumbre.

Para mantener una relación fluida con los medios de comunicación y garantizar que la información llegue oportuna y verazmente a la población, se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Los reporteros deben recopilar y preparar información en horarios muy limitados. Por ello, la información suministrada debe ser veraz, clara y concisa. De ser necesario, se debe entregar material escrito o digital sobre aquellos temas que requieran información más amplia y precisa.
- Los medios de comunicación dependen de sus públicos, de manera que seleccionan la información con este criterio, buscando transmitir los mensajes que más impactan e interesan a las audiencias.
- Los medios requieren información constante durante la situación de crisis. Proporcionar información continua y oportuna a los medios de comunicación.
- Los medios tienen la responsabilidad social de informar con calidad, pero en su afán por la noticia pueden tergiversar la información. Siempre se debe hacer un seguimiento de los boletines, entrevistas y declaraciones que la institución entrega a los medios y la forma como estos los transmiten.
- Solamente algunos miembros de los medios de comunicación están capacitados en el tema de los desastres; la mayoría su conocimiento suele ser superficial.

Por las consideraciones citadas en los párrafos precedentes, desde el inicio de la crisis eruptiva del volcán Ubinas, los miembros del Comité Científico AdHoc para el monitoreo del Ubinas tomaron la decisión de emitir comunicados colegiados, a través de los cuales se informó a las autoridades, población y medios de comunicación, sobre el estado y evolución de la crisis volcánica. También se acordó que durante las entrevistas o conferencias de prensa, las opiniones y recomendaciones de los científicos versaran sobre lo informado en los comunicados colegiados. Asimismo, se realizaron esfuerzos para que la información fuera ofrecida por personas autorizadas del Comité Científico, a fin de evitar se propaguen versiones falsas y contradictorias sobre la crisis volcánica.

La información hacia los medios de comunicación llegó de varias formas:

- A través de conferencias de prensa, convocados normalmente por los responsables del CRDC-Moquegua y el INDECI. En estas conferencias de prensa, participaron integrantes del

CRDC-Moquegua, el INDECI y vulcanólogos del Comité Científico.

- A través de entrevistas individuales que los científicos integrantes del Comité Científico brindaron a solicitud de los medios de comunicación.
- Envío de los comunicados colegiados a través de los correos electrónicos hacia los medios de comunicación.
- Envío de información de divulgación relacionado a crisis volcánicas a través de los correos electrónicos hacia los medios de comunicación.

Las noticias propaladas por los medios de comunicación, sobre la crisis eruptiva, giraron en torno a varios temas. Los más resaltantes fueron los siguientes:

- Estado y evolución de la actividad volcánica, normalmente a partir de lo informado por los científicos.
- Estado de la alerta volcánica o los cambios de esta, establecidos por el CRDC-Moquegua, a sugerencia del Comité Científico.
- Efectos de la erupción volcánica en la población, como incremento de enfermedades respiratorias y gastrointestinales, los problemas psicológicos generados durante los procesos de evacuación.
- Efectos de la erupción en el medio ambiente, como contaminación de fuentes de agua o interrupción de vías de transporte.
- Efectos socio-económicos de la erupción, tales como contaminación de pastizales con la consiguiente muerte de animales, la pérdida de cultivos y de otros medios de sustento.
- Acciones adoptadas por el CRDC-Moquegua en las poblaciones afectadas, tales como la evacuación de poblados hacia los refugios de Chacchagén y Anascapa, rehabilitación de vías de transporte, ayuda humanitaria, entre otros.

En general, el manejo de la información por parte de los medios de comunicación fue bastante aceptable en la mayoría de casos objetiva, principalmente en la prensa hablada, la televisión y algunos de la prensa escrita, como *La República*, *El Comercio*, *Peru21*, *El Pueblo*, *El Popular*, *Correo y Expreso* (figuras 7.38-7.41).

Sin embargo, fue en la prensa escrita donde se pudo leer con cierta frecuencia informaciones desproporcionadas de la realidad, con titulares sensacionalistas y contenidos sesgados de la información, donde se resaltaron solo aspectos negativos y no los logros positivos en la gestión de la crisis.

A continuación una relación de los problemas o deficiencias que se encontraron durante la crisis volcánica, en relación con los medios de comunicación:

- Declaraciones de científicos, principalmente geólogos o geofísicos, que no formaron parte del Comité Científico y menos participaron de los trabajos de monitoreo volcánicos. Esto motivó que se tergiverse la noticia o se brinde una mala o desactualizada información a los medios de comunicación.
- Declaraciones de aficionados o «seudovolcanólogos», vertidos con afán protagónico y basados más en conocimientos generales del tema y en supuestos. Ocasionó confusión en la población.
- Titulares periodísticos que magnificaron la información, que dió origen a titulares sensacionalistas. También contenidos poco objetivos de la noticia, que se alejaban de la versión oficial, mal interpretando los comunicados y las declaraciones de los científicos. Estos problemas se dieron principalmente en diarios «populares» o llamados también «chicha», de la prensa escrita.
- En algunas ocasiones, los periodistas no buscaron a las personas adecuadas para que brinden la información, es decir, fueron poco rigurosos al momento de escoger su fuente.

JUEVES 11 DE MAYO DEL 2006 NOTAS DEL DÍA **Correo** 3

Nuevas explosiones y fumarolas atemorizan a pobladores de Ubinas

Cenizas causaron graves estragos en varias comunidades
Retornó la psicosis colectiva y población teme lo peor

Ubinas/Correo

Nuevas explosiones en el volcán Ubinas que se sintieron con mayor fuerza desde la noche del martes ha recrudecido el temor y la psicosis colectiva entre los pobladores que están decididos a abandonar la zona de emergencia.

Según pobladores de la zona la actividad ha ocasionado la presencia de grandes fumarolas que alcanzaron hasta los 3 Km. de alto.

La alarma fue confirmada por un grupo de asustados docentes que se encuentran en el poblado de Tocache, quienes solicitaron la presencia de las autoridades para calmar a los lugareños, en especial los niños que por las cenizas y el olor a azufre se sienten angustiados y temerosos.

El temor aumentó debido a los fuertes ruidos que provienen del activo volcán. Desde el cráter se sienten movimientos extraños que aumentan el pánico entre las familias damnificadas que temen lo peor y que no están dispuestas a esperar más tiempo para emprender la reubicación definitiva a las pampas de Jahuay.

Tras los sucesos del martes la calma volvió a romperse ayer entre los pobladores de Ubinas en la provincia de General Sánchez Cerro (Moquegua) cuando al promediar las 13.00 horas, un fuerte ruido marcó el inicio de la permanente actividad volcánica.

«Como si algo se arrastraba dentro de la tierra, y se dirigía al volcán, de pronto del cráter comenzó a brotar ceniza en gran cantidad»,



EL VOLCÁN Ubinas no da tregua y nuevamente ocasiona temor a los pobladores de la zona.

narró un testigo. «Tras el ruido, comenzó a salir bastante ceniza de manera constante, es más de las 10.00 de la noche y continúan las fumarolas. La población está atemorizada», señaló nuestro informante.

Los fuertes vientos que se registran en la zona contribuyeron a que las cenizas se extiendan hacia las zonas altas de Moquegua. Se conoce que el mayor problema de ayer, se registró en los caseríos de San Carlos de Tite y Santa Rosa de Para, donde la nube maligna en pocos minutos inundó la zona obligando a los comuneros dejar el lugar para buscar protección.

«El fuerte olor a azufre y la falta de aire era insoportable, la gente tuvo que buscar otro lugar para protegerse. No se conoce de más estragos porque la zona afectada se encuentra a tres horas de Ubinas y no tenemos más información», informó a Correo uno de los comuneros.

Voceros de Defensa Civil confirmaron el recrudecimiento de la actividad, pero esperan el informe de la comisión científica que trabaja en la zona para determinar las acciones siguientes.

Se informó que el alcalde distrital de Ubinas, Elvio Valdivia Dueñas, se encuentra en Lima solicitando la ayuda correspondiente. También se conoce que las autoridades de lugar convocaron de urgencia al Comité Distrital de Defensa Civil, a fin de evaluar las medidas que adoptarán en previsión de nuevas explosiones y su impacto que pueda ocasionar en la población.

Asimismo, por acuerdo en reciente asamblea, se tomó la determinación que un grupo de 40 pobladores acudirá a vigilar las pampas de Jahuay, donde podrían ser reubicados los damnificados siempre y cuando el gobierno central lo autorice mediante una norma.

Es necesario recordar que desde el jueves 27 de abril, cuando se produjo la mayor explosión incluso con la expulsión de material incandescente, el volcán Ubinas se encontraba en aparente calma por lo que permanecía la alerta amarilla. La actividad de las últimas horas puede ser el inicio de un nuevo proceso de actividad que debe ser analizada por los especialistas.

Correo en breve

Página 4
Seis mil toneladas entre ropa y víveres, entregó ayer la CCIA para los damnificados del Ubinas.

Página 5
Médicos que no den a conocer a los pacientes que existen recetas genéricas, serán multados con 10 UITs.

Página 6
Crear redes de transporte locales y dotar de servicios básicos, para construir ciudadar. propone Ollanta Humala.

Página 7
Empresarios indicaron que no aceptarán revisión de impuestos a su actividad.

Página 10
Inauguran comedor en la E. César Vallejo de Pucallpa. Carnián para atender a 80 niños pobres.

Página 11
Soldado que fue atropellado por auto en Characato, murió en el Hospital Honorio Delgado Espinoza.

Páginas 12-13
Con el anhelo de trabajar con responsabilidad, ayer jaramaron 46 municipios escolares en Miraflores.

Página 21
Melgar, Piérola y Total Clean organizaron festival deportivo

Figura 7.38 Diario *Correo* (11 de mayo de 2006) publica una nota periodística que da cuenta del incremento de la actividad eruptiva que se produjo el 10 de mayo de 2006, con mayores emisiones de ceniza y ruidos dentro del volcán. La población se encuentra atemorizada, sin embargo, la alerta «amarilla» continúa. La información vertida es objetiva y bien tratada.

MIÉRCOLES 24/5/2006

EL GRAN SUR / LA REPÚBLICA

SOCIEDAD

Volcán Ubinas expulsó piedras incandescentes a más de 1.5 kms.

INTENSIFICAN MONITOREO • Las últimas explosiones en el volcán arrojaron material piroclástico
 • Instalarán red de extensión telemétrica para intensificar monitoreo • Población pide evacuación inmediata.

Giulliana Retamozo, Arequipa

Volvió el pánico a Ubinas. La última explosión ocasionada por el volcán tutelar del distrito moqueguano, registrada el lunes a las 4.30 de la madrugada, nuevamente causó alarma en su población que creía que el proceso eruptivo que éste afronta desde la primera quincena de abril se había normalizado.

Este evento natural no sólo provocó un fuerte estruendo que se escuchó en la mayoría de anexos aledaños al coloso, sino que también arrojó material piroclástico entre los 800 a mil 500 metros de distancia.

A raíz de ello, el comité cientí-

Cuando los pobladores de Ubinas creían que las erupciones habían cesado el volcán volvió a explotar

fico conformado por el Instituto Geofísico del Perú (IGP), Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (Ingemmet) y el Instituto Geofísico de la universidad San Agustín, se trasladó a la zona para realizar las evaluaciones del caso y determinar las acciones a seguir.

El jefe del Instituto Geofísico de la Unsa, Armando Minaya, señaló que se dispondrá la instalación de una red de extensión telemétrica en la zona del volcán que coadyuve las tareas de monitoreo que actualmente se realizan a través de la estación analógica que permanece en el sector. Asimismo, se recogerán los registros sísmicos para ser analizados.



VUELVE EL PANICO. Últimas explosiones del Ubinas obligaron a intensificar el monitoreo científico en la zona.

PRECISIONES

1 SITUACION. Actualmente el estado del volcán Ubinas permanece en alerta amarilla.

2 AYUDA. Las once toneladas de ayuda que entregó Defensa Civil para la atención de la emergencia en la zona fueron enviadas al Comité Regional de Defensa Civil de Moquegua.

Minaya, indicó que la tarea de los científicos estará dirigida a intensificar las labores de monitoreo del volcán pero los pedidos de ayuda de parte de la población que reclama ser evacuada inmediatamente recaen directamente en Defensa Civil y el Gobierno Regional de Moquegua.

Por su parte, la presidenta del Gobierno Regional de Moquegua, Crístala Constantinides, explicó que están a la espera que el gobierno promulgue la ley que per-

mita iniciar el proceso de reubicación de las 500 familias que fueron empadronadas como directas afectadas por la acción eruptiva del Ubinas.

A través del dispositivo legal se aprobará el uso de seis millones de soles producto del canon que recibe la región para realizar la habilitación de las Pampas de Hawai ubicadas en Pasto Grande donde se trasladaría a la población afectada incluyendo a quienes están en Anascapa.

Figura 7.39 Diario *La República* (24 mayo de 2006) publica una noticia que da cuenta de la expulsión de «piroclastos» volcánicos a más de 1,5 km del cráter. La población y autoridades piden la evacuación y futura reubicación de poblaciones en riesgo. El periódico reporta con objetividad las informaciones vertidas por los científicos y las autoridades.

Recién hoy científicos decidirán cambiar de alerta amarilla a naranja el Ubinas

POSIBLE EVACUACION • Defensa Civil espera orden para enviar ayuda para evacuar a más poblados • Nuevo campamento se instalaría en Matalaque.

Giuliana Retamozo. Arequipa

La declaratoria de alerta amarilla del volcán Ubinas nuevamente volvería a naranja. Y es que las últimas explosiones del coloso ocurridas la semana pasada, obligan al comité científico a intensificar el monitoreo en la zona para determinar los pasos a seguir en adelante.

Ayer, dicha comisión integrada por el Instituto Geofísico de la universidad San Agustín, Instituto Geofísico del Perú (IGP) y el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (Ingemmet), se reunió hasta altas horas de la noche para definir la estrategia que desarrollarán en adelante a raíz de los últimos eventos ocurridos días atrás, donde el Ubinas expulsó material ploplástico a más de mil 500 metros de distancia. El jefe de la III Región de Defensa Civil, Alfredo

LA CLAVE

1 EXTENSA. La reunión del comité científico se extendió por varias horas, hasta el cierre de esta edición el reporte oficial no había sido anunciado.

Siu, manifestó que están a la espera de cualquier comunicado oficial que indique realizar la evacuación de otros poblados ubicados dentro del radio de acción volcánica de 4 Km, ante una posible erupción de mayores proporciones. El funcionario señaló que cuentan con suficientes lotes de asistencia que contienen carpas, frazadas, alimentos no perecibles, calaminas, triplay, entre otros para realizar la habilitación de otro albergue de darse el caso. Se-

gún, Siu Delgado, la declaratoria de emergencia abarca atender a más de 2 mil 500 pobladores que serían reubicados en un nuevo albergue con 500 módulos de atención similar al de Anascapa. El anexo donde se instalaría el campamento sería en Matalaque, ubicado a 6 Km de Anascapa, respectivamente. Sobre la situación del distrito arequipeño de San Juan de Tarucani, informó que hasta el momento, el panorama es estable ya que el traslado de cenizas y material volcánico por acción de los vientos se dirige hacia Ubinas. El único anexo afectado por el Ubinas en dicha circunscripción es Cancosani a 7 Km del volcán. "Nos mantenemos alertas ante cualquier reporte del comité científico para adoptar las medidas a seguir, mientras tanto se continúa desarrollando el monitoreo constante en la zona".



EN OBSERVACION. Científicos siguen monitoreando el volcán.

Figura 7.40 Diario *La República* (30 de mayo de 2006) publica una noticia que da cuenta del posible cambio del nivel de alerta, de «amarillo» a «naranja», a sugerencia del Comité Científico. Las autoridades vienen realizando los preparativos para una posible evacuación de las poblaciones en riesgo hacia zonas seguras. Se percibe una estrecha coordinación entre el Comité Científico y funcionarios del INDECI y del CRDC-Moquegua.



actualidad Arequipa, Jueves

POBLACIÓN PREOCUPADA POR ÚLTIMAS ERUPCIONES

Otra vez revienta el volcán Ubinas



Se reportaron tres nuevas erupciones en las últimas 24 horas.

Moruega. El vulcanólogo del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico, Marco Rivera, advirtió sobre el incremento de la actividad del volcán Ubinas ubicado en la región Moquegua. Hasta el momento son tres nuevas explosiones registradas en las últimas 24 horas que han puesto en alerta a la población de la zona.

De acuerdo al reporte del Ingemmet las erupciones ocurrieron a las 19:00 horas de ayer y a las 01:00 y 07:00 horas de hoy, aproximadamente, luego de las cuales se generó una columna de gases y cenizas de unos dos kilómetros de altura, elevación que calificó de "considerable".

El profesional mencionó que los daños personales

Evalúan el volcán

A fin de evaluar la actividad del volcán, una brigada de geólogos se encuentra en la zona instalando equipos sísmicos, y analizando la composición y temperatura de las aguas termales, refirió. Recordó

presentados por este fenómeno deben ser evaluados por el Ministerio de Salud y Agricultura. "Cuando las cenizas llegan a los dos mil metros después caen sobre el valle de Ubinas, ocasionando enfermedades respiratorias en los pobladores y afectando los cultivos y fuentes de agua", advirtió.

que a partir del 27 de marzo de 2006 comenzaron las emisiones de cenizas y gases del Ubinas y desde abril del mismo año se registró un incremento de su actividad, la cual ha sido variable.

Señaló que aún no se determinó con exactitud el motivo del incremento de la actividad. "Posiblemente las explosiones son generadas por un nuevo ascenso a la superficie del magma, que es roca fundida." Agregó que las precipitaciones pluviales han podido influenciar en la actividad volcánica de este coloso.

24 de abril del 2008

¡Alarma en Ubinas por actividad volcánica!

Otra vez lluvia de cenizas y gases provocan estragos en la población



POBLADORES de Anascapa se encuentran preocupados por nuevas explosiones. ANASCAPA/JORGE GONZALES SÁNCHEZ (VIA TELEFÓNICA)

El fantasma de la posible erupción del volcán Ubinas retomó fuerza en las últimas 48 horas. Fuertes explosiones, temblores, lluvia de ceniza y las heladas han vuelto a preocupar a más de 800 familias asentadas en los poblados de Phara, Ubinas, Querapi, Sacohaya y Anascapa, asentados muy cerca al volcán que registró un incremento de su actividad volcánica.

Leandra Centeno, pobladora de Anascapa, dio a conocer vía telefónica que en los últimos tres días se ha incrementado

MAS DATOS

Si la actividad volcánica persiste en el Ubinas, los pobladores serán evacuados a los refugios construidos en el centro poblado de Anascapa. La última fuerte explosión se sintió a las 15:00 horas de ayer.

"En el ambiente hay un fuerte olor que nos está dañando las fosas nasales y hace doler fuertemente la cabeza. Los niños son los que más sufren", explicó preocupada.

Aseveró que el problema se agrava en las últimas horas porque está nevando y corre un viento fuerte arrastrando a los hogares cantidad de ceniza. Hizo un llamado a Defensa Civil para que puedan abastecer a la población de mascarillas y lentes para protegerse la boca, nariz y ojos.

No hay labores
Leandra Centeno informó que la Institución Educativa de Emergencia que se instaló en Anascapa fue desactivada "porque nos dijeron que se acabó la emergencia. Estamos enviando a nuestros hijos -40 niños- hasta Sacohaya para que estudien, pero si esto sigue vamos a dejar de enviarlos", refirió.

Explosiones
El vulcanólogo Marco Rivera, del Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (Ingemmet), dio a conocer que ayer a las 01:00 y 07:00 horas se registraron explosiones, luego de las cuales se generó una columna de gases y cenizas de unos dos kilómetros de altura lo que ocasionará enfermedades en la población, problemas en los cultivos y fuentes de agua.

Figura 7.41 Tres diarios informan de diferente modo el incremento de actividad volcánica, registrado el 24 de abril de 2008. (a) Titular del diario *La República*, donde se describe el reporte del INGENMET y las acciones que vienen implementando las autoridades. (b) Descripción objetiva de los sucesos a partir de las declaraciones de un científico que viene trabajando en el monitoreo volcánico, diario *El Popular*. (c) Descripción de los hechos, a partir de la narración de un poblador que vienen sufriendo los estragos de la erupción. El diario *Correo* resalta el temor de los pobladores frente al proceso eruptivo.

AMBIENTE Y LAS PERSONAS

Jersy Mariño¹, Marco Rivera, Pablo Masías, Yanet Antayhua, Vicentina Cruz, Moisés Lopez, Ermógenes Álvares, Joaquín Álvares

¹ Instituto Geológico Minero y Metalúrgico

² Municipalidad Distrital de Ubinas

Los productos emitidos por el volcán Ubinas fueron principalmente gases volcánicos, cenizas y bombas volcánicas. Los gases se diluyeron tan pronto entran en contacto con la atmósfera y sus efectos han sido mínimos en el medio ambiente. Las bombas volcánicas o proyectiles balísticos, arrojados durante las explosiones, están conformados por partículas provenientes de la fragmentación de rocas antiguas y de la lava actual (figuras 3.14, 4.6 y 4.7). Estas bombas han alcanzado distancias menores a 2 km (figura 2.5), motivo por el cual no han provocado mayor daño a la población, infraestructura y áreas de cultivo (Mariño *et al.*, 2006).

La mayor afectación del medio ambiente ha sido producida por el emplazamiento de ceniza (figuras 2.1 y 2.2). Estas partículas poseen menos de 2 mm de diámetro y están conformadas por material hidrotermalizado, vidrio volcánico y cristales fragmentados de diferentes minerales, como plagioclasas, anfíboles, piroxenos y óxidos de Fe-Ti (figura 2.3), provenientes de rocas del conducto volcánico y lava.

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, sin embargo, en los tres años de erupción se observa una ligera predominancia de caídas de ceniza al SE, E, NE y N del volcán (figuras 3.8, 3.27, 3.34, 3.39). Las imágenes del satélite GOES muestran que las cenizas han alcanzado distancias superiores a los 60 km (figuras 3.18, 3.20, 3.23, 3.32, 3.37), 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, que han afectado el medio ambiente (figura 4.2). Los principales efectos de las cenizas en el medio ambiente han sido:

- Contaminación de pastos naturales, principalmente el icho, que es alimento de los camélidos y ovinos, pastoreados en los bofedales por encima de los 3600 msnm (figura 7.42 a y b).
- Contaminación de áreas de cultivo al SE y S del volcán Ubinas. Las finas capas de ceniza provocaron se marchiten

las plantas y se pierda la cosecha de papas, maíz, trigo, cebada, alfalfa y otros productos de panllevar (figuras 7.43 a y b). Las zonas más afectadas estuvieron restringidas dentro de un radio de 4 a 7 km del cráter, cerca de las localidades de Querapi, Ubinas, Sacohaya, Tonohaya y Escacha.

- Muerte de animales por ingesta de alimentos contaminados con la ceniza. Esto provocó la muerte de un buen número de camélidos, ovinos, ganado vacuno y caprino.
- Generación de lluvias ácidas, básicamente en las temporadas de lluvias, entre los meses de enero y marzo. Se origina por la mezcla de gases volcánicos impregnados en la ceniza y las gotas de lluvia. Las lluvias ácidas originan la contaminación de fuentes de agua, tales como manantiales, quebradas, acequias. La ingesta de agua contaminada provocó males estomacales en las personas y animales.
- Emplazamiento de flujos de lodo (lahares), principalmente en las temporadas de lluvias, entre diciembre y marzo de 2007 y 2008. Los flujos de lodo se originan por una mezcla de agua y ceniza. Cabe resaltar la ocurrencia de importantes flujos de lodo a lo largo de las quebradas Infiernillo, El Volcán y el río Ubinas, el 17 de enero de 2007 (figura 7.44 a y b), que arrasaron algunas áreas de cultivo asentadas en las riveras, así como provocaron la interrupción de las vías carrozables Ubinas-Arequipa y Tonohaya-Ubinas, interrumpiendo el tránsito durante horas y días.
- Presencia de partículas finas de ceniza en suspensión en el aire que generaron baja visibilidad, y que duraron algunos minutos e incluso varias horas (figura 7.45).
- Las cenizas generaron problemas de salud en las personas, principalmente en los habitantes de Querapi, Ubinas, Tonohaya, Sacoaya y Escacha. Los centros de salud de las localidades afectadas reportaron un considerable incremento de males respiratorios, dermatitis y afecciones estomacales en las personas, provocadas por la ceniza (figuras 7.46 y 7.47). Asimismo, la erupción generó trastornos psicológicos, principalmente en los niños.

En resumen, las cenizas han afectado áreas de cultivo en el valle y pastizales naturales en las partes altas, afectando seriamente las dos principales actividades económicas de los pobladores de la zona, que son la agricultura y ganadería. También generaron problemas de salud en las personas, principalmente en la población infantil.

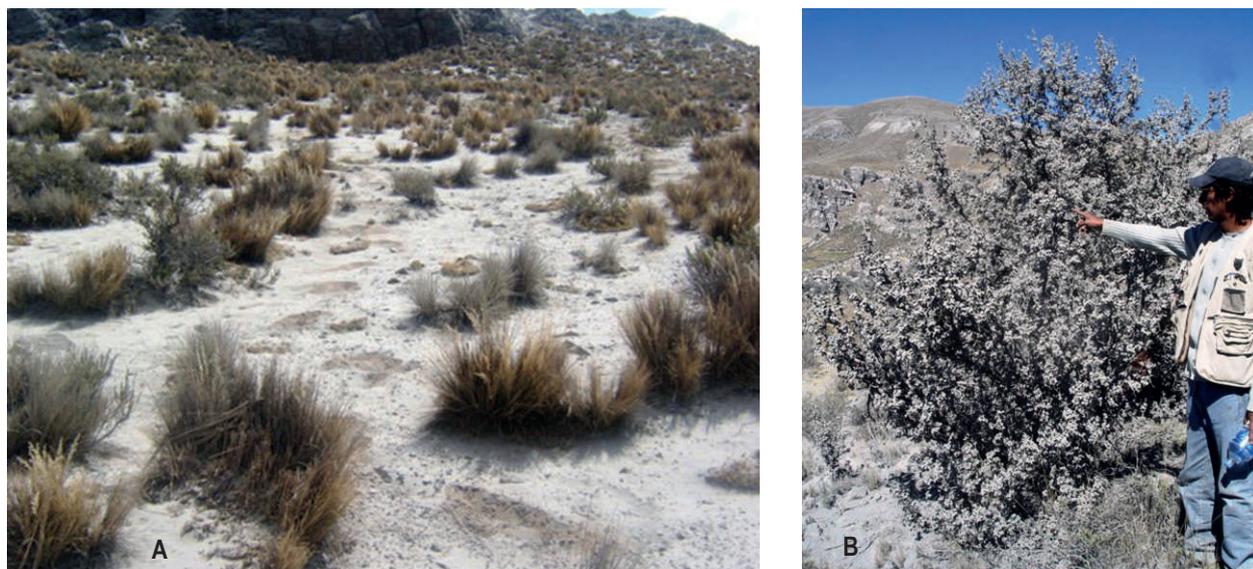
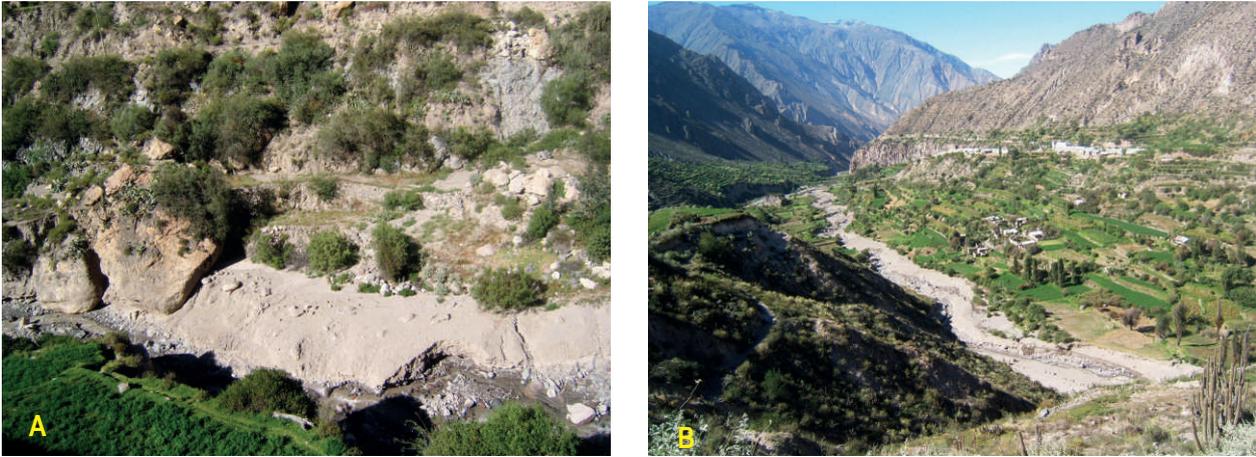


Figura 7.42 (a) Capas finas de ceniza cubren pastos naturales en las partes altas, sobre los 3600 msnm, afectando la crianza de camélidos (agosto 2006). (b) Caídas de ceniza cubren árboles y pastos naturales cerca a la localidad de Querapi, a 4 km de distancia del cráter (septiembre 2006).



Figuras 7.43 (a) y (b) Plantaciones de alfalfa, principal alimento de bovinos y ovinos en el valle de Ubinas, fueron cubiertas por ceniza volcánica. La ceniza provocó que se marchiten las plantas y se produzca un desabastecimiento de alimentos para los animales (abril y setiembre de 2006).



Figuras 7.44 (a) y (b) Flujo de lodo (lahar) en el río Ubinas, generado el 17 de enero de 2007, producto de la mezcla de ceniza y agua; posee entre 0,2 a 1 m de espesor. Recorrió más de 10 km del cráter. Estos flujos de lodo afectaron áreas de cultivo en las riveras del río, así como interrumpieron vías de transporte.



Figura 7.45 Columna eruptiva de gases y cenizas emplazada en dirección oeste. En muchos casos estas columnas provocaron baja visibilidad y problemas respiratorios por presencia de partículas finas en suspensión (julio 2006).

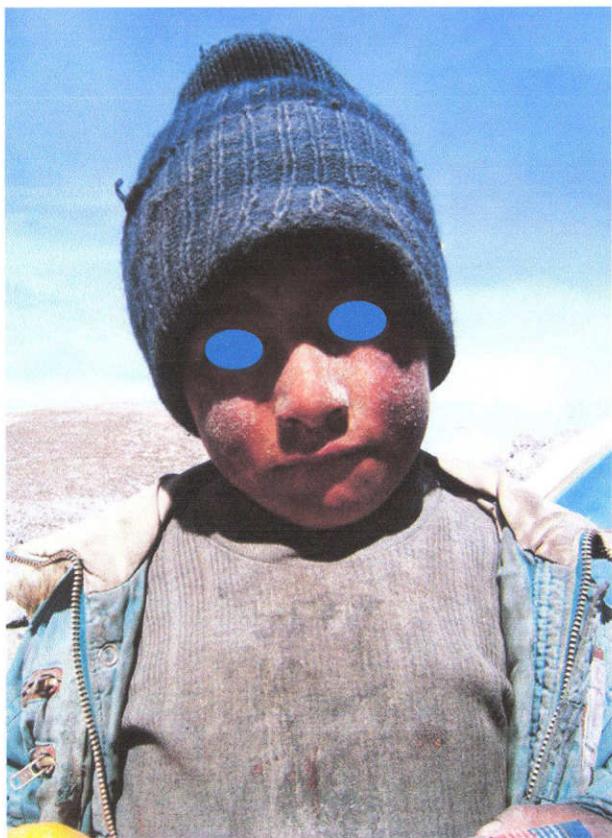


Figura 7.46 Rostro de un niño cubierto por ceniza volcánica durante emisiones producidas el 3 agosto de 2006. Las cenizas generaron dermatitis, principalmente en la población infantil.



Figura 7.47 Niña con problemas de conjuntivitis provocado por la ceniza fina, que es rica en sílice (foto captada el 18 de abril de 2006).

CAPÍTULO VIII

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- El volcán Ubinas inició una nueva fase eruptiva el 27 de marzo de 2006 (o pocos días antes), la cual fue reportado por los pobladores de Querapi, localidad situada a escasos 4 km al sur del volcán. El periodo de mayor actividad eruptiva se registró entre el 20 de abril y agosto de 2006, durante dicho periodo alcanzó un IEV de 1-2, lo cual coincide con lo mostrado por el volcán Ubinas durante tiempos históricos.
- La erupción se caracterizó por la emisión de ceniza y la ocurrencia de explosiones. Luego de las explosiones, se produjeron las mayores emisiones de ceniza, donde la columna eruptiva alcanzó entre 1500 y 4000 m de altura sobre el cráter; y en algunos casos incluso se registró eyección de proyectiles balísticos, que alcanzaron una distancia de menos de 2 km del cráter.
- Durante el inicio de la crisis eruptiva, el volcán no contaba con sistemas de monitoreo permanentes. Por tal razón, el INDECI oficializa, mediante resolución N.º 3768-2006-INDECI/11.0, la creación de la Comisión de Ciencia y Tecnología AdHoc ante el Incremento de la Actividad del Volcán Ubinas, que es integrada por el INGEMMET, el IGP e IG-UNSA. Esta comisión fue la encargada de implementar sistemas de monitoreo y asesorar a las autoridades en el manejo de la emergencia. Durante los años 2006, 2007 y 2008, dicha comisión ha emitido 22 comunicados colegiados, donde se da cuenta de la evolución del proceso eruptivo y se emiten recomendaciones al CRDC-Moquegua para los cambios de los niveles de alerta.
- En los meses de mayo y junio se han registrado las explosiones más energéticas, siendo la del 24 de junio la de mayor magnitud: alcanzó los 719 MJ. La energía sísmica diaria acumulada fue incrementándose desde el mes de mayo de 2006, alcanzando sus mayores valores en agosto de dicho año, mes en que se registraron entre 1800 y 3200 MJ.
- Durante el monitoreo de la temperatura de la fuente Ubinas Termal, se registraron los mayores valores entre los meses de abril y agosto 2006, donde se registraron valores entre 30 y cerca de 43 °C.
- Debido al incremento de la actividad eruptiva, el CRDC-Moquegua tomó la decisión de evacuar a los pobladores de las localidades de Querapi, Tonohaya, Ubinas, San Miguel, Escacha y Huatahua. Entre los días 9 y 11 de junio de 2006, fueron evacuados al refugio de Chacchagén cerca de 1356 personas. En dicho refugio permanecieron cerca de un año. En el proceso de evacuación, apoyaron cerca de 94 personas, pertenecientes a la Policía Nacional del Perú, Ejército del Perú, Gobierno Regional de Moquegua, Compañía de Bomberos de Moquegua, Municipalidad Distrital de Ubinas, Municipalidad Provincial Sánchez Cerro y el INDECI. Se utilizaron 5 camiones porta tropa, 11 volquetes, camionetas y camiones, entre otros.
- La implementación, organización y convivencia en los albergues fue dirigida por el CRDC-Moquegua, CDC del Distrito de Ubinas y los CDC comunales. También participaron en dicho trabajo la ONG PREDES, Caritas del Perú, la Dirección Regional de Salud de Moquegua, la Dirección Regional de Vivienda, Saneamiento y Construcción de Moquegua, la Dirección Regional de Educación de Moquegua, el INDECI y la Policía Nacional del Perú.
- Los mayores efectos de la erupción fueron producidos por las caídas de ceniza, principalmente dentro de un radio de 12 km. La ceniza generó efectos negativos en la salud de las personas, como conjuntivitis, laceraciones de la cornea, afecciones a la piel (dermatitis), males respiratorios, problemas gástricos o gastrointestinales, así como problemas psicológicos, principalmente en los niños. La ceniza también generó contaminación de fuentes de agua, daños a la ganadería y agricultura, que son las principales actividades económicas de los pobladores del valle de Ubinas.
- A raíz de la crisis del volcán Ubinas se construyeron o rehabilitaron rutas de evacuación o escape. Se construyeron las carreteras Huarina-Chacchagén y Tonohaya-Anasapa, lo cual evitará que la evacuación de los pobladores de Ubinas, Tonohaya, San Miguel, Huarina, Huatahua y Escachal se realice por la ruta que pasa por el flanco sur del volcán. Por otro lado, se realizó el mantenimiento de las carreteras Anasapa-Logén, inoperativa hace más de 40

años, así como de las vías Huarina-Ubinas-Logén-Chiguata y Matalaque-Anascapa-Escacha-Logén.

- Hoy se cuenta con los refugios de Chacchagén y Anascapa para atender futuros procesos de evacuación. Estos refugios cuentan con módulos de vivienda, servicio de agua potable y luz, ambientes para el centro de salud, comedores, aulas, áreas de esparcimiento para niños, cobertizos para animales y almacenes. El refugio de Chacchagén puede albergar cerca de 2 mil personas, y el refugio de Anascapa alrededor de 150 personas.

RECOMENDACIONES

- Continuar con el monitoreo volcánico interdisciplinario e implementar sistemas de telemetría que permitan el envío de los datos del monitoreo geoquímico y de deformación en tiempo real.

- Continuar con el monitoreo de la fenomenología, a fin de tener una mejor línea base antes de futuras erupciones.

- Se recomienda al CRDC-Moquegua, y a los CDC distritales y comunales implementar periódicamente acciones educativas de prevención, para hacer frente a futuras erupciones del volcán Ubinas.

- A mediano plazo, se recomienda ejecutar la reubicación definitiva de los poblados aledaños al volcán Ubinas, tal como se señala en el Informe Técnico «Evaluación de Seguridad Física de Áreas Aledañas al Volcán Ubinas» (INGEMMET, septiembre 2006), realizado a solicitud del Gobierno Regional de Moquegua.

- Realizar el mantenimiento periódico de los refugios de Chacchagén y Anascapa, a fin de atender futuras emergencias volcánicas.

BIBLIOGRAFÍA

- Arce, J.L.; Macias, J.L.; Gardner, J.E. & Layer, P.W. (2005) - A 2.5 ka history of dacitic magmatism at Nevado de Toluca, Mexico: petrological, $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$ dating, and experimental constraints on petrogenesis. *Journal of Petrology*, 47(3): 457-479.
- Clegg, S. (2006) - Volcanic SO_2 measurements at Ubinas volcano, Perú, Field report, informe inédito. Lima: INGEMMET, 3 p. (disponible DGAR INGEMMET).
- Cruz, V. & Clegg, S. (2006) - Medición de SO_2 usando el espectrómetro de correlación UV «Flyspec» y monitoreo geoquímico de fuentes termales en el volcán Ubinas, Moquegua. En: Congreso Peruano de Geología, 13, Lima, 2006, *Resúmenes extendidos*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 665-668.
- Cruz, V. & Masías, P. (2007) - Anomalías térmicas en fuentes de agua termales en relación con el terremoto del 15 de agosto (Pisco) (CD-ROM). En: Congreso Nacional e Internacional de Geografía, 8vo, Arequipa, 2007. Lima: Sociedad Geográfica de Lima.
- Finizola, A.; Ramos, D. & Macedo, O. (1998) - Self-potential studies of hydrothermal systems and structure on Misti and Ubinas volcanoes, S. Peru. EGS general assembly, 23; European Geophysical Society. Nice. April 1998: *Annales Geophysicae*, 16, (Suppl. 1), p. 194.
- Gardner, J.E.; Layer, P.W. & Rutherford M.J. (2002) - Phenocrysts versus xenocrysts in the youngest Toba Tuff: Implications for the petrogenesis of 2800 km³ of magma. *Geology*, 30(4): 347-350.
- Gonzales, K. (2001) - *Estudio estructural y del sistema hidrotermal del volcán Ubinas aplicando métodos geofísicos y geoquímicos*. Tesis Ing. Geofísico, Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, 176 p.
- González, K. (2007) - *Monitoreo de la deformación de los volcanes del sur del Perú, usando el método de Interferometría Radar* (CD-ROM), Multimedia Player. Arequipa: INGEMMET. Trabajo presentado al III Foro Internacional de Peligros Volcánicos, Moquegua, 2007
- González, K. (2009) – *Informe: Monitoreo InSAR de los volcanes Misti, Ubinas y Ticsani – 2009* (en línea). Lima: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico. 8 p. Disponible en: <http://www.ingemmet.gob.pe/web/Documentos/Geologia/Vulcanologia/Misti/MonitoreoVolcanico/Monitoreo_Insar_Misti_Ubinas_Ticsani_2009.pdf>
- Instituto Colombiano de Geología y Minería (2007) – INGEOMINAS - Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Pasto (en línea). Bogotá: INGEOMINAS, 8 p. (consulta: 18 octubre 2010). Disponible en: <http://intranet.ingeminas.gov.co/pasto/images/d/d8/Resumen_actividad_Galeras_sep_17_sep_23_2007.pdf>
- Instituto Nacional de Defensa Civil. Comité Regional de Defensa Civil de Moquegua (2006) - *Plan de contingencia ante el incremento de la actividad del volcán Ubinas*. Moquegua: Comité Regional de Defensa Civil de Moquegua, 150 p.
- Instituto Nacional de Estadística e Informática (2007) – *Censos nacionales 2007: XI de población y VI de vivienda, resultados preliminares* (en línea). Lima: INEI. (consulta: 6 diciembre 2010). Disponible en: <<http://www1.inei.gob.pe/>>
- Johnson, J.B. & Aster, R.C. (2005) - Relative partitioning of acoustic and seismic energy during strombolian eruptions. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 148(3-4): 334-354.
- Juvigné, E., et al. (1997) - Étude téphrostratigraphique et bio-climatique du Tardiglaciaire et de l'Holocène de la Laguna Salinas, Pérou méridional. *Géographie physique et Quaternaire*, 51(2): 221–233.
- Macedo, O. & Lesage, P. (1997) - La actividad sísmica de los volcanes activos Sabancaya y Ubinas (sur del Perú). En: Congreso Peruano de Geología, 9, Lima, 1997, *Resúmenes extendidos*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 463-466.

- Macedo, O. (1998) - *Mediciones de temperatura y toma de muestras de fluidos en el fondo del crater del volcan Ubina*s, informe técnico interno. Lima: Instituto Geofísico del Perú, 5 p.
- Macedo, O., Finizola, A., Gonzáles, K. & Ramos, D. (1999) - Contribution of Self-Potential and Soil-Temperature surveys for the investigation of structural limits and hydrothermal system on Ubina volcano (Peru). En: International Symposium on Andean Geodynamics, 4, Göttingen, 1999, *extended abstracts*. Paris: IRD, p. 458-461
- Macedo, O. (2000) - *Visita a las puertas del infierno*. Vídeo educativo sobre los Volcanes Misti y Ubina, de 30 minutos. Instituto Geofísico del Perú, 2000.
- Macedo, O., et al. (2002) - Estudio estructural y del sistema hidrotermal del volcán Ubina, por métodos geofísicos y geoquímicas (CD-ROM). En: Congreso Peruano de Geología, 11. Lima, 2002. *Trabajos científicos*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, 34 p.
- Macedo, O., Ramos, D. & Taipe, E. (2006) - *Monitoreo y vigilancia sísmicos de la erupción del volcán Ubina en 2006* - Informe Preliminar. Lima: Instituto Geofísico del Perú, 24 p.
- Macedo, O. (2006a) - *Breve monitoreo sísmico en el volcán Ubina en Febrero 2006*, informe inédito. Lima: Instituto Geofísico del Perú, 6 p.
- Macedo, O. (2006b) - *Observaciones al inicio del proceso de erupción del volcán Ubina en Marzo 2006*, informe técnico interno. Lima: Instituto Geofísico del Perú, 9 p.
- Macedo, O., Metaxian, J.P., Taipe, E., Ramos, D., Inza, A. (2009) - Seismicity associated with the 2006-2008 eruption, Ubina volcano. En: Bean, C.J., Braidon, A.K., Lokmer, I., Martini, F. & O'Brien, G.S., eds. *VOLUME: VOLcanoes, Understanding subsurface mass moveMEnt*. Dublin: VOLUME Consortium/Jaycee Printing, p. 262-270
- Mariño, J.; Rivera, M.; Cruz, V.; Cacya, L. & Thouret, J-C. (2006) - *Informe de trabajos efectuados por el INGEMMET durante la crisis volcánica del volcán Ubina, periodo marzo a julio del 2006*, informe técnico inédito. Lima: INGEMMET, 77 p.
- Mariño, J. & Rivera, M. (2008) - Mapa de peligros del volcán Ubina: avances en la socialización de la información geocientífica. *Revista Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres, Naciones Unidas*, 14, 4 p.
- Mariño, J., et al. (2010) - *Crisis eruptiva del volcán Ubina, periodo 2006-2008*. Lima: CERESIS, 22 p. Volumen Especial del Centro Regional de Sismología Para América del Sur. (en prensa).
- Masías, P.; Antayhua, Y.; Cruz, V.; Mariño, J. & Rivera, M. (2008) - Variations of the temperature in the hot springs waters «Ubina Ternal» related to the eruptive activity of the volcano Ubina during the year 2007 and 2008 (poster). En: Field Workshop on Volcanic Gases, 10, México, 2008. México: International Association of Volcanology and Chemistry of the Earth's Interior (IAVCEI), Commission of the Chemistry of Volcanic Gases.
- Metaxian, J.P., et al. (1998) - Geophysical studies of Ubina volcano, Southern Peru. *Eos Transactions American Geophysical Union*, 79(45): 977.
- Nicholson, K. (1993) - *Geothermal fluids: Chemistry and Exploration Techniques*. Berlin: Springer-Verlag, 268 p.
- Organización Panamericana de la Salud (2005) - La comunicación frente a las erupciones volcánicas: módulo 5. En: Organización Panamericana de la Salud, *Guía de preparativos en salud frente a erupciones volcánicas*. Quito: Organización Panamericana de la Salud; Departamento de Ayuda Humanitaria de la Unión Europea, 90 p.
- Rivera, M., et al. (1997) - Ubina, el volcán más activo del Perú desde 1552: reconocimiento geológico y evaluación de amenazas volcánicas actuales.- En: Congreso Peruano de Geología, 9, Lima, 1997, *Resúmenes extendidos*. Lima: Sociedad Geológica del Perú, p. 489-492.
- Rivera, M. (1998) - *El volcán Ubina (sur del Perú): geología, historia eruptiva y evaluación de las amenazas volcánicas actuales*. Tesis Ing. Geólogo., Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, 129 p.
- Rivera, M.; Thouret, J.C. & Gourgau, A. (1998) - Ubina, el volcán más activo del Perú desde 1550: geología y evaluación de las amenazas volcánicas. *Boletín Sociedad Geológica del Perú*, (88):53-71.
- Rivera, M., et al. (2007) - Volcán Ubina: Actividad eruptiva 2005-2007 y características de productos emitidos. *Boletín Sociedad Geológica del Perú*, (102): 5-24.
- Rivera, M.; Thouret, J.C.; Mariño, J.; Berolatti, R. & Fuentes, J. (2010) - Characteristics and management of the 2006-2008 volcanic crisis at the Ubina volcano (Peru). *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 198(1-2): 19-34.

- Rivera, M. (2010) - *Genèse et évolution des magmas andésitiques à rhyodacitiques récents des volcans Misti et Ubinas (Sud du Pérou)*. Thèse Docteur, Université Blaise Pascal-Clermont Ferrand II, 407 p.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (2007) - Boletín Agrometeorológico (en línea). Lima: SENAMHI. (Consulta: Febrero 2007). Disponible en: <<http://www.senamhi.gob.pe>>.
- Simkin, T. & Siebert, L. (1994) - *Volcanoes of the world: a regional directory, gazetteer, and chronology of volcanism during the last 10,000 years*. 2a. ed. Tucson, AR: Geoscience Press, 349 p.
- Sun, S. & McDonough, W.F. (1989) - Chemical and isotopic systematics of oceanic basalts: implications for mantle composition and processes. En: Saunders, A.D. & Norry, M.J., eds. *Magmatism in the ocean basins*. London: Geological Society, Special Paper 42, p. 313-345.
- Taipe, E. (2008) - *Análisis de la actividad sísmica del volcán Ubinas para el periodo marzo-abril de 1998*. Tesis Ing. Geofísico, Universidad Nacional de San Agustín, Arequipa, 157 p.
- Tatsumi, Y.; Hamilton, D.L. & Nesbitt, R.W. (1986) - Chemical characteristics of fluid phase released from a subducted lithosphere and origin of arc magmas: evidence from high-pressure experiments and natural rocks. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 29(1-4): 293-309.
- Thouret, J.C., et al. (2005) - Ubinas: the evolution of the historically most active volcano in southern Peru. *Bulletin of Volcanology*, 67(6): 557-589.
- Tilling, R., ed. (1993) - *Apuntes para un curso sobre los peligros volcánicos*. [s.l.]: Organización Mundial de Observatorios Vulcanológicos, 125 p. Presentado en: Curso breve sobre los peligros volcánicos; Santa Fé, Nuevo México, 2-3 julio 1989.

ANEXOS:

BREVE GLOSARIO

COMUNICADOS EMITIDOS POR EL COMITÉ CIENTÍFICO (22)

SÍNTESIS DEL PLAN DE CONTINGENCIA

SÍNTESIS DEL PLAN DE EVACUACIÓN

BREVE GLOSARIO

BLOQUES O BOMBAS. Fragmentos de lava de tamaño superior a 64 mm, arrojados por una erupción volcánica.

CALDERA. Gran depresión de origen volcánico, generalmente de forma circular o elíptica, cuyo diámetro puede tener decenas de kilómetros, formada por grandes erupciones volcánicas.

CÁMARA MAGMÁTICA. Es la zona donde se produce y almacena el magma y que posteriormente es expulsado a la superficie. La cámara magmática se comunica con el cráter del volcán a través de un conducto conocido como chimenea.

CENIZA VOLCÁNICA. Fragmentos de roca de origen volcánico de tamaño menor a 2 mm expulsados a la atmósfera durante erupciones explosivas.

CENTRO DE OPERACIONES DE EMERGENCIA (COER). Es el área física implementada, que emplea el Comité de Defensa Civil para coordinar, dirigir y supervisar las operaciones para la atención de la emergencia.

COLAPSO SECTORIAL. Proceso de destrucción de una parte del edificio volcánico. Las avalanchas de escombros se producen por el colapso sectorial de un volcán.

COLUMNA ERUPTIVA. Se forma durante las erupciones explosivas. Está constituida por grandes cantidades de gases calientes, ceniza, fragmentos líticos, pómez (o escoria), de distintos tamaños.

COMITÉ DE DEFENSA CIVIL (CDC). Conjunto de personas representativas de una comunidad, que desarrollan y ejecutan actividades de Defensa Civil en un determinado ámbito, orientando sus acciones a proteger la integridad física de la población, el patrimonio y el medio ambiente, ante los efectos de los peligros o amenazas. Es la célula básica del SINADECI y tiene carácter permanente.

CRÁTER. Abertura situada en la superficie terrestre, por donde el volcán expulsa los materiales volcánicos durante una erupción. Normalmente posee forma circular, con un diámetro de menos de 2 km.

DAMNIFICADO. Persona afectada, parcial o íntegramente por una emergencia o desastre y, que ha sufrido daño o perjuicio a

su salud o sus bienes, en cuyo caso generalmente ha quedado sin alojamiento o vivienda en forma total o parcial, permanente o temporalmente, por lo que recibe refugio y ayuda humanitaria temporales.

DEFENSA CIVIL (DC). Conjunto de medidas permanentes destinadas a prevenir, reducir, atender y reparar los daños a las personas y bienes, que pudieran causar o causen los desastres o calamidades.

DESASTRE. Una seria interrupción en el funcionamiento de una comunidad o sociedad que ocasiona una gran cantidad de muertes y/o pérdidas e impactos materiales, económicos y ambientales, que exceden la capacidad de la comunidad o la sociedad afectada para hacer frente a la situación mediante el uso de sus propios recursos.

DOMO. Abultamiento en forma de cúpula formado por la acumulación de lava viscosa y caracterizada por presentar flancos casi verticales. Puede alcanzar alturas de cientos de metros.

ENERGÍA SÍSMICA. Parte de la energía elástica de deformación liberada durante un sismo, que es irradiada en forma de ondas elásticas u ondas sísmicas.

ERUPCIÓN EFUSIVA. Este tipo de erupciones se caracterizan por emisiones de lavas, con escaso contenido de gases. Las lavas emitidas por los volcanes del sur del Perú son muy viscosas, poseen poca movilidad y se enfrían a pocos kilómetros del cráter.

ERUPCIÓN ESTROMBOLIANA. Este tipo de erupciones presenta pequeñas explosiones, que son rítmicas, separadas por periodos de menos de un segundo hasta varias horas, la columna eruptiva alcanza alturas de 1 a 15 km. Los materiales emitidos poseen composición básica y están conformados por lapilli escoria, bombas y ceniza. Durante las erupciones se forman conos de escoria y ceniza de entre 100 y 200 m de alto. En sur el Perú, se presentan conos de escoria en la zona de Huambo, Andahua y Orcopampa.

ERUPCIÓN EXPLOSIVA. Se produce cuando el magma que asciende a la superficie acumula más presión de la que puede

liberar. Las burbujas en su interior crecen, el magma se fragmenta y los productos volcánicos son expulsados violentamente. Estas erupciones son frecuentes en volcanes con alto contenido de gases, o cuando se produce una interacción del magma con agua meteórica.

ERUPCIÓN FREÁTICA. Explosión de vapor, agua y otros materiales, resultado del calentamiento del agua subterránea y de la acumulación de vapor en niveles bajo la superficie. Este tipo de erupción ocurre cuando el agua subterránea entra en contacto con rocas calientes en las cercanías de un cuerpo de magma. En este tipo de erupción el magma no se encuentra involucrado.

ERUPCIÓN PELEANA. Estas erupciones son violentas e intermitentes. Se caracterizan por presentar colapsos de domos, que generan flujos piroclásticos, conformados por fragmentos de lava, cenizas y gases. Estos flujos pueden llegar a tener 500°C y pueden alcanzar velocidades de hasta 100 a 200 km/h. En el sur de nuestro país, casi todos los volcanes activos presentaron en el pasado este tipo de erupciones.

ERUPCIÓN PLINIANA. Estas erupciones son las más violentas, debido a que el magma es de composición ácida y posee alto contenido de gases. Las columnas eruptivas alcanzan alturas mayores a los 30 km y los materiales emitidos pueden afectar extensas áreas. Durante estas erupciones se generan voluminosas caídas de lapilli pómez y ceniza, así como se emplazan flujos piroclásticos de pómez y cenizas (ignimbritas). Como ejemplo se puede citar la erupción del volcán Vesubio del año 79 d.C., que sepultó la ciudad de Pompeya.

ERUPCIÓN VOLCÁNICA. Es el producto del ascenso del magma y su posterior expulsión sobre la superficie de la Tierra. Los materiales pueden ser arrojados con distintos grados de violencia, dependiendo de la composición química del magma, la cantidad de gases y en algunos casos por la interacción del magma con el agua.

ERUPCIÓN VULCANIANA. En este tipo de erupciones la columna eruptiva alcanza alturas de 3 a 20 km. Son erupciones explosivas que emiten ceniza, proyectiles balísticos y eventualmente lapilli pómez. Estas erupciones son más violentas que las estrombolianas, ya que el magma es de composición ácida y posee mayor cantidad de gases. Las explosiones se dan en intervalos de minutos a horas e incluso días. Las erupciones de los volcanes Sabancaya y Ubinas, entre los años 1988-1998 y 2006-2009, respectivamente, son ejemplos de este tipo de erupciones.

EVACUACIÓN DE LA POBLACIÓN. Procedimiento mediante el cual la población expuesta ante un peligro es trasladada a zonas más seguras a fin de garantizar su seguridad física.

EVALUACIÓN DEL RIESGO. Conjunto de acciones y procedimientos para levantar la información sobre los peligros o amenazas, el análisis de las condiciones de vulnerabilidad y el cálculo del riesgo, con la finalidad de recomendar las medidas de prevención.

FUMAROLA. Emanación de gases y vapor de agua, generalmente a altas temperaturas, que sale de fracturas o grietas de la superficie de un volcán. La mayor parte de los gases emitidos son vapor de agua; sin embargo, se encuentran otros gases como CO₂, CO, SO₂, H₂S, CH₄, HCl, etc.

GEOFÍSICA. Parte de la geología que estudia la física terrestre.

GEOQUÍMICA. Estudio de la distribución, proporción y asociación de los elementos químicos de la corteza terrestre, y de las leyes que las condicionan.

GESTIÓN DE CRISIS O DE EMERGENCIA. La organización y la gestión de los recursos y las responsabilidades para abordar todos los aspectos de las crisis, especialmente la preparación, la respuesta y los pasos iniciales de la rehabilitación.

GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES. Conjunto de conocimientos, acciones y procedimientos que, conjuntamente con el uso racional del potencial humano y los recursos materiales, se orientan al planeamiento, organización, dirección y control de las actividades relacionadas con la prevención y atención de desastres.

HOLOCENO. Época de la historia de la Tierra, que forma parte del período Cuaternario y que se extiende desde hace 10000 años hasta el presente.

ÍNDICE DE EXPLOSIVIDAD VOLCÁNICA (IEV). Es una escala para describir el tamaño de las erupciones volcánicas y se basa, entre otros factores, en el volumen de material emitido y la altura de la columna eruptiva. La escala IEV varía entre 0 y 8. Una erupción con un IEV de 0 denota una erupción no explosiva, sin importar el volumen de productos emitidos. Las erupciones con un IEV de 5 o más son consideradas «muy grandes» y ocurren raramente alrededor del planeta (alrededor de una erupción cada década). La erupción del volcán Ubinas entre los años 2006 y 2008 tuvo un IEV 2.

LAPILLI. Fragmento de roca volcánica de tamaño comprendido entre 2 y 64 mm, emitido durante una erupción explosiva.

LLUVIA ÁCIDA. Mezcla del agua atmosférica con gases magmáticos emitidos durante una erupción volcánica. Estos gases forman ácidos fuertemente corrosivos que caen a la superficie en forma de lluvia.

MAGMA. Roca fundida, en estado líquido o parcialmente líquido en el interior de la Tierra. Los magmas generalmente se forman a profundidades mayores a los 60 km, tienen temperaturas entre 500 y 1200 °C y tienen componentes en estado sólido, líquido y gaseoso. Cuando el magma llega a la superficie y se solidifica, da origen a las *rocas volcánicas*. Los magmas pueden también enfriarse y solidificarse en el interior de la Tierra, dando origen a las *rocas plutónicas*.

MAGNITUD. Escala que mide la energía liberada durante un sismo en forma de ondas sísmicas. Existen varias escalas de magnitud dependiendo del tipo de onda que se utilice para determinarla.

MITIGACIÓN. La disminución o la limitación de los impactos adversos de las amenazas y los desastres afines.

MONITOREO GEODÉSICO. Consiste en registrar y conocer los procesos de deformación del edificio volcánico. En un volcán, cuando el magma asciende, ejerce una presión desde el interior sobre el edificio volcánico causando su deformación. Para poder cuantificar dicha deformación se utilizan instrumentos de medición adecuados (GPS, EDM, Estación Total, etc.) que miden variaciones en parámetros, tales como longitud, ángulos, elevaciones y coordenadas alrededor del volcán.

MONITOREO GEOQUÍMICO. Consiste en registrar y conocer las variaciones de la composición química y de los parámetros físicos-químicos (temperatura, pH, conductividad eléctrica) de las fuentes de agua y fumarolas asociadas a un determinado volcán. Dichas variaciones podrían indicar un incremento de la actividad volcánica y pueden ser precursores de una erupción volcánica.

MONITOREO SÍSMICO. Consiste en registrar y conocer la dinámica del volcán, a partir de los diferentes tipos de sismos asociados al fracturamiento de rocas (volcanotectónicos), ascenso, acumulación y traslado de magma, gases y agua (largo período, tremor, explosión) que ocurren en el interior del edificio volcánico. El monitoreo sísmico se realiza mediante la instalación de sismómetros sobre y alrededores del edificio volcánico. El incremento y/o disminución de los sismos volcánicos, la forma de su registro y su frecuencia, podrían ser premonitores de una probable actividad eruptiva.

MONITOREO VISUAL. Este tipo de monitoreo es directo y se realiza utilizando videocámaras, binoculares y cámaras fotográficas. Permiten registrar la hora y magnitud cualitativa de las explosiones volcánicas, inicio y duración de las emisiones, altura y dirección de dispersión de la columna eruptiva, entre otros parámetros.

MONITOREO VOLCÁNICO. Implementación de técnicas geofísicas, geoquímicas y geodésicas, de forma continua y

permanente, que tienen como objetivo detectar oportunamente condiciones anómalas precursoras de un proceso eruptivo, a partir del cual se pueden emitir las alertas tempranas correspondientes, lo que permitirá a la sociedad implementar con antelación planes de evacuación y reducir el impacto negativo de una erupción.

PELIGRO O AMENAZA VOLCÁNICA. Se define como la probabilidad de que alguna manifestación volcánica específica pueda presentarse en un área o región particular del entorno del volcán, en un intervalo de tiempo dado y que puede causar destrucción o daño.

PELIGRO POR AVALANCHAS DE ESCOMBROS. Las avalanchas de escombros son deslizamientos súbitos de una parte voluminosa de los edificios volcánicos. Se originan debido a factores de inestabilidad, tales como la elevada pendiente del volcán, presencia de fallas, movimientos sísmicos fuertes y explosiones volcánicas. Las avalanchas de escombros ocurren con poca frecuencia y pueden alcanzar decenas de kilómetros de distancia. Bajan a gran velocidad y destruyen todo lo que encuentran a su paso.

PELIGRO POR FLUJOS DE BARRO O LAHARES. Los flujos de barro son mezclas de partículas volcánicas de tamaños diversos movilizadas por el agua, que fluyen rápidamente (20-60 km/h). Se generan en periodos de erupción o de tranquilidad volcánica. El agua puede provenir de fuertes lluvias, fusión de hielo o nieve. Estos flujos viajan a lo largo de quebradas o ríos y eventualmente pueden salir de estos cauces. El área afectada depende del volumen de agua y de materiales sueltos disponibles, así como de la pendiente y topografía. Normalmente destruyen todo a su paso y pueden alcanzar grandes distancias, incluso mayores a 200 km.

PELIGRO POR FLUJOS DE LAVA. Los flujos de lava son corrientes de roca fundida, que son expulsadas por el cráter o fracturas en los flancos del volcán. Pueden fluir por el fondo de los valles y alcanzar varios kilómetros, pero en los volcanes peruanos normalmente se enfrían en la zona del cráter (domos) o recorren escasos kilómetros. Los flujos de lava destruyen todo a su paso, sin embargo, no representan un peligro alto para las personas debido a su baja velocidad.

PELIGRO POR FLUJOS PIROCLÁSTICOS. Los flujos piroclásticos son masas calientes (300°C a 800°C), conformadas por una mezcla de ceniza, fragmentos de roca y gases. Estos flujos descienden por los flancos del volcán a ras de la superficie y a grandes velocidades, entre 200 y 300 m/s. Poseen normalmente una parte inferior densa, que se encauza y desplaza por el fondo de las quebradas o valles y otra superior, menos densa, denominada oleada piroclástica, compuesta por una nube turbulenta de gases y ceniza que con facilidad salen del

valle, sobrepasan relieves importantes y afectan una mayor área. Estos flujos y oleadas destruyen y calcinan todo lo que encuentran a su paso.

PELIGRO POR GASES VOLCÁNICOS. Durante las erupciones volcánicas se produce una importante liberación de gases, principalmente vapor de agua; pero también dióxido de carbono, dióxido de azufre, ácido clorhídrico, monóxido de carbono, ácido fluorhídrico, azufre, nitrógeno, cloro y flúor. Estos gases se diluyen y dispersan rápidamente, sin embargo, pueden alcanzar concentraciones altas en las zonas bajas o depresiones muy cercanas al volcán, donde pueden generar intoxicación y muerte de personas y animales. Los gases también pueden condensarse y adherirse a partículas de ceniza, así como reaccionar con las gotas de agua y provocar lluvias ácidas que generan corrosión, daños en los cultivos, así como contaminación de aguas y suelos.

PELIGRO POR LLUVIAS DE CENIZA Y PIEDRA PÓMEZ. Las lluvias de ceniza y piedra pómez se generan cuando los fragmentos de roca son expulsados hacia la atmósfera violentamente, formando una columna eruptiva alta y que posteriormente caen sobre la superficie terrestre. Los fragmentos más grandes y densos caen cerca del volcán, mientras que las partículas de menor tamaño son llevadas por el viento a grandes distancias, luego caen y forman una capa de varios milímetros y centímetros de espesor. Estas partículas pueden causar problemas de salud en las personas, contaminar fuentes de agua, causar el colapso de los techos por el peso acumulado, afectar cultivos, interrumpir el tráfico aéreo, entre otros.

PIEDRA PÓMEZ. Roca volcánica de color claro, llena de cavidades que la hacen muy poco densa. Generalmente tiene una composición dacítica a riolítica. Las cavidades se forman por la expansión de los gases volcánicos durante la salida hacia la superficie.

PIROCLASTOS. Fragmentos de roca volcánica fracturada emitidos durante una erupción explosiva. Incluyen piedra pómez, ceniza, escoria y otros fragmentos de roca.

PLAN DE CONTINGENCIA. Son los procedimientos específicos preestablecidos de coordinación, alerta, movilización y respuesta ante la ocurrencia o inminencia de un evento particular para el cual se tienen escenarios definidos.

PREVENCIÓN. Conjunto de actividades y medidas diseñadas para proporcionar protección permanente contra los efectos de un desastre.

RIESGO. La combinación de la probabilidad de que se produzca un evento peligroso y sus consecuencias negativas. Se evalúa en función del peligro y la vulnerabilidad.

SISMÓGRAFO. Instrumento que sirve para registrar el movimiento del suelo producido por un sismo. El registro obtenido se denomina *sismograma*.

SISMOS ASOCIADOS A EXPLOSIONES. En ellos se distingue una entrada de la onda primaria y una amplitud máxima asociada a la onda sonora.

SISMOS HÍBRIDOS. Son una combinación entre un LP y un VT.

SISMOS LARGO PERIODO (LP). Llamados también de baja frecuencia, originados a poca profundidad, mayormente menores a 1 km. Se encuentran asociados a procesos de desgasificación del magma.

SISMOS VOLCANOTECTÓNICOS (VT). Poseen características similares a los de origen tectónico. Tienen frecuencias altas, se pueden diferenciar las fases de la onda primaria (P) y la secundaria (S). Son sismos asociados a rompimiento de rocas o apertura de grietas.

SISMOS VOLCÁNICOS. Sacudidas de la superficie terrestre originadas por el paso de los fluidos dentro del edificio volcánico.

SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA. Conjunto de capacidades necesarias para generar y difundir información de alerta que sea oportuna y significativa, con el fin de permitir que las personas, las comunidades y las organizaciones amenazadas por un peligro se preparen y respondan de forma apropiada y con suficiente tiempo de anticipación para reducir la posibilidad de que se produzcan pérdidas o daños.

SISTEMA NACIONAL DE DEFENSA CIVIL (SINADECI). Conjunto interrelacionado de organismos del sector público y no público, normas, recursos y doctrinas, orientados a la protección de la población en caso de desastres de cualquier índole u origen. Actúa en concordancia con la Política y Planes de la Defensa Nacional.

SISTEMA REGIONAL DE DEFENSA CIVIL DE MOQUEGUA (SRDC-Moquegua). Conjunto interrelacionado de organismos del sector público y no público, normas, recursos y doctrinas de la región Moquegua, orientados a la protección de la población en caso de desastres de cualquier índole u origen.

TEFRA. Término general que comprende cualquier material sólido emitido durante una erupción volcánica explosiva. Puede ser ceniza, lapilli, bloques y bombas volcánicas, piedra pómez, escoria, entre otros.

TREMOR VOLCÁNICO. Señal sísmica continua y rítmica que generalmente precede o acompaña a las erupciones volcánicas. El tremor volcánico está asociado al movimiento de magma o de otros fluidos magmáticos.

VISCOSIDAD. Medida de la resistencia de un material a fluir en respuesta a un esfuerzo. Mientras más alto sea el contenido de sílice en las lavas, más alta es su viscosidad.

VOLCÁN. Lugar situado sobre la superficie terrestre por donde se produce una expulsión de material magmático, total o parcialmente fundido, formando una acumulación que por lo general toma una forma aproximadamente cónica alrededor del punto de salida. Con el tiempo y a causa de repetidas erupciones, dichas acumulaciones rocosas pueden volverse muy grandes y formar diversos tipos de montañas, también conocidas como *volcanes* o *edificios volcánicos*. Por ejemplo, el Misti, el Ubinas y el Chachani.

VOLCÁN ACTIVO. Un volcán se considera activo si ha tenido por lo menos una erupción durante el tiempo histórico (últimos 500 o 600 años), o incluso durante el Holoceno (últimos 10 mil años). Debido a que los procesos volcánicos se dan en la escala del tiempo geológico, el potencial de producir nuevas erupciones es alto.

VULNERABILIDAD. Se define como el grado o porcentaje de pérdida o daño que puede sufrir un elemento de la estructura social (población, infraestructura, productividad) por efecto de algún peligro o amenaza.

COMUNICADOS EMITIDOS POR EL COMITÉ CIENTÍFICO (22)

Entre los años 2006 y 2008, el Comité Científico emitió 22 comunicados:

NOTA DE PRENSA

EL INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ (IGP), INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO (INGEMMET) Y EL INSTITUTO GEOFÍSICO DE LA UNSA, comunican lo siguiente:

El volcán Ubinas, el más activo del sur del Perú desde 1550, ha entrado en una fase de emisiones gaseosas y cenizas a partir del 27 de Marzo último. Esta actividad representa un incremento al comportamiento fumarólico que venía teniendo desde Agosto del 2005.

Las cenizas recientemente emitidas por el volcán, además de cubrir el cono volcánico, se extendió hasta aproximadamente 4 km del cráter afectando los cultivos del anexo de Querapi. Es necesario recordar que el volcán Ubinas tuvo 23 erupciones similares (IEV 2) en los últimos 500 años, siendo el más reciente el de 1969 cuya emisión de cenizas ocasionó muerte de ganado por efecto de la contaminación producida.

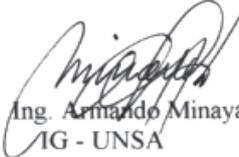
Como consecuencia de trabajo de campo efectuado entre los días 30 de Marzo y 01 de abril, en la que participaron el IGP, INGEMMET y UNSA con el apoyo del Gobierno Regional y Defensa Civil de Moquegua han observado lo siguiente:

- El volcán Ubinas, se encuentra en un proceso de emisiones de gases y cenizas.
- La actividad sísmica en el volcán, registrada en dicho periodo muestra un pequeño incremento relativo a similares observaciones efectuadas en el mes de Febrero pasado. Esto no necesariamente implica el inicio de una fase eruptiva mayor.
- La temperatura y composición química de las fuentes termales muestreadas no indican variación significativa.
- Estas observaciones, de acuerdo a la escala internacional de códigos de color de niveles de alerta, ubica esta actividad en un nivel de color Amarillo.
- Ante estos resultados, las Instituciones declarantes han iniciado un programa de monitoreo de los siguientes parámetros: geológicos (INGEMMET), sísmicos (IGP, UNSA), deformación y gravimetría (IGP), geoquímica (INGEMMET).

Arequipa, 05 de Abril del 2006.


Dr. Edmundo Norabuena
IGP


Ing. Jersy Mariño
INGEMMET


Ing. Armando Minaya
IG - UNSA

NOTA DE PRENSA N° 02

EL INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ (IGP), INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO (INGEMMET) Y EL INSTITUTO GEOFÍSICO DE LA UNSA, en relación a la situación actual del volcán Ubinas, comunican lo siguiente:

Como es de conocimiento público, el volcán Ubinas entró en una fase de emisiones gaseosas y de cenizas el 27 de Marzo último. Como resultado de la primera evaluación realizada, se consideró un nivel de alerta "amarillo" (Comunicado N° 01 de fecha 05 de Abril).

A partir del día 13 de Abril las emisiones de cenizas se han incrementado sensiblemente en comparación a los días anteriores, habiéndose registrado caídas de cenizas sobre los pueblos de Ubinas, Querapi y Sacuaya, durante los últimos días. Estas cenizas ya alcanzaron en promedio una distancia de 07Km alrededor del cráter.

Asimismo, como parte de este proceso el volcán Ubinas viene emitiendo gases sulfurosos, los mismos que al entrar en contacto con el agua de lluvia, han generado lluvias ácidas en la zona, particularmente el día 14 de Abril entre las 14 y 16Hrs, en las localidades de Ubinas, Sacohaya y Querapi.

La actividad sísmica continúa hasta la fecha. Por otro lado, ocurrieron dos explosiones volcánicas los días 13 y 14 de Abril, que fueron escuchados en los pueblos de Ubinas y Querapi.

En base a las observaciones y evaluaciones efectuadas, indicamos lo siguiente:

- a) Actualmente estamos frente a un proceso eruptivo de magnitud pequeña, con un Índice de Explosividad Volcánica (IEV) igual a 1. Cabe señalar que la escala internacional en referencia (IEV) va de 0 a 8.
- b) El nivel de alerta permanece en el color amarillo.

Finalmente, informamos que el día de hoy se instalará un campamento base para la observación y vigilancia permanente en inmediaciones del volcán. Desde este campamento las instituciones que suscriben este documento continuarán con la implementación de las siguientes acciones: observación de la fenomenología volcánica, evaluación geológica, monitoreo de la actividad sísmica, monitoreo de la deformación y monitoreo geoquímico de fluidos.

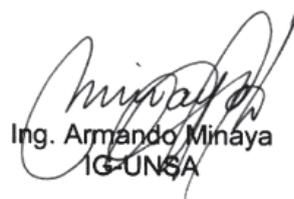
Arequipa, 18 de Abril del 2006.



Dr. Orlando Macedo
IGP



Ing. Jersy Mariño
INGEMMET



Ing. Armando Minaya
IG-UNSA



COMUNICADO N° 4

EL INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ (IGP), INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO (INGEMMET) Y EL INSTITUTO GEOFÍSICO DE LA UNSA, en relación a la situación actual del volcán Ubinas, informan lo siguiente:

Como es de conocimiento público, el día 19 de abril se observó en el fondo del cráter del volcán Ubinas un cuerpo de lava incandescente de 60 m de diámetro. Asimismo, el día 20 se produjeron dos explosiones audibles hasta en un radio de 07 km alrededor del volcán. Luego de estas explosiones se formaron columnas eruptivas de hasta 3 Km de altura. Las correspondientes evaluaciones determinaron establecer un Índice de Explosividad Volcánica (IEV) igual a 1, y recomendar al Sistema Regional de Defensa Civil (SIREDECI) elevar el nivel de alerta al color "naranja".

El día 22 de abril a las 07:15 Hrs se inició una nueva emisión de cenizas y gases que se mantuvo constante hasta las 16:00 Hrs. En esta oportunidad las columnas eruptivas alcanzaron entre 1 y 3 km de altura, siendo ésta la más prolongada hasta la fecha.

Las cenizas y gases emitidos los días 20 y 22 de abril, fueron desplazados preferentemente en dirección oeste, noroeste y suroeste. Las cenizas más finas, que se mantienen en suspensión, llegaron hasta una distancia de 60 Km del cráter, alcanzando las zonas de los volcanes Chachani, Misti y Pichu Pichu. El día 21 de abril Corpac reportó presencia de vestigios de cenizas en el área del aeropuerto de Arequipa.

Los registros sísmicos obtenidos del 18 al 21 de abril muestran alta actividad sismovolcánica asociada al movimiento de fluidos (gases y magma), inclusive tremores (vibraciones sísmicas prolongadas). Existen también eventos sísmicos directamente asociados a las fuertes explosiones ocurridas a partir del 20 de abril en las inmediaciones del cráter, habiéndose registrado hasta 13 explosiones el día 21 de abril.

El día 22 de abril se registró un tremor de 34 minutos de duración, inmediatamente luego de la explosión ocurrida a las 07:13 Hrs.

En base a las observaciones y evaluaciones efectuadas a la fecha, se ha determinado que el Índice de Explosividad Volcánica (IEV) es igual a 1. Asimismo, recomendamos al SIREDECI mantener el nivel de alerta en el color "naranja".

Arequipa, 24 de Abril del 2006.

Dr. Orlando Macedo
IGP

Ing. Jersy Mariño
INGEMMET

Ing. Armando Minaya
IG-UNSA

COMUNICADO DE PRENSA N 05

INSTITUTO GEOFISICO DEL PERU (IGP), INSTITUTO GEOLOGICO MINERO METALURGICO (INGEMMET), INSTITUTO GEOFISICO DE LA UNSA y SENAMHI, en relación a la situación actual del volcán Ubinas comunican lo siguiente:

Los días 25 y 26 de abril se ha ascendido al cráter del volcán a fin de realizar observaciones y toma de muestra de productos volcánicos emitidos durante los últimos días para realizar análisis geoquímicos en laboratorios especializados. Se ha observado en el fondo del cráter lava incandescente. Sin embargo, cabe indicar que a veces dicha lava no es visible por estar cubierta con ceniza reciente.

En estos días la actividad se ha limitado a la emisión casi continua de gases blanquecinos, poco tóxicos, constituidos principalmente por vapor de agua y azufre. El volumen de cenizas emitidas ha decaído drásticamente. Los gases ascienden y se disipan entre 200 a 700 m sobre el borde de la caldera. Los gases son emitidos con fuerte presión y ruido debido al proceso continuo de desgasificación del volcán debido a la intrusión de magma de poco volumen que ha recalentado el sistema hidrotermal. La ocurrencia de explosiones estaría asociada al rompimiento del conducto o chimenea del volcán, que se encontraba momentáneamente cerrado.

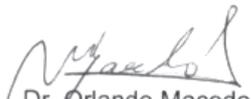
La actividad sísmica se mantiene elevada, habiéndose observado hasta 190 eventos por día, donde predominan sismos producidos por la desgasificación del volcán y por movimiento de los fluidos. Los equipos sísmicos también registran las explosiones que ocurren en el fondo del cráter.

Por el momento, los estudios geoquímicos de fuentes termales localizados alrededor del volcán Ubinas no muestran variaciones significativas en la temperatura, acidez y composición química que indique la presencia de magma de gran volumen al interior del volcán.

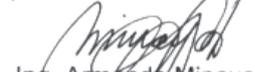
Después de todos estos análisis se concluye que la actividad volcánica actual muestra un ligero decaimiento por lo cual las instituciones participantes en los trabajos de vigilancia volcánica recomiendan al SIDERECI pasar de alerta "naranja" a alerta "amarilla". Sin embargo es necesario subrayar que pasar a alerta "amarilla" no implica que cese la actividad. Por ello las instituciones nos mantenemos realizando trabajos de vigilancia continua y permanente para mantener comunicados a la población del valle de Ubinas ante una eventual erupción que pueda presentar dicho volcán.

Durante las próximas semanas se continuará evaluando la evolución de la actividad del volcán Ubinas, para lo cual se tiene instalado sismógrafos, equipos que miden deformación del volcán, una estación permanente donde permanecen profesionales para efectuar la vigilancia visual, y se realiza un muestreo sistemático de fuentes termales para ver variaciones en la temperatura, pH, y composición química.

Arequipa, 27 de abril del 2006


Dr. Orlando Macedo
IGP


Geol. Marco Rivera
INGEMMET


Ing. Armando Minaya
IG-UNSA


Ing. Zuñiga Medina
SENAMHI


Dr. Jean-Claude Thouret
UBP, LMV e IRD, Francia

COMUNICADO N° 05

EL INSTITUTO GEOFISICO DEL PERU (IGP), INSTITUTO GEOLOGICO MINERO METALURGICO (INGEMMET) Y EL INSTITUTO GEOFISICO DE LA UNSA (IG-UNSA), en relación a la situación actual del volcán Ubinas comunican lo siguiente:

Entre el 01 y 16 de mayo el volcán Ubinas ha presentado emisión casi continua de gases blanquecinos y eventuales emisiones de cenizas y en algunos casos las pequeñas explosiones han fragmentado la lava y estos fragmentos han sido arrojados fuera del cráter.

Los gases emitidos son poco tóxicos debido a su baja concentración, están constituidos principalmente por vapor de agua, SO_2 , CO_2 y otros. Estos gases ascienden y se dispersan generalmente entre 200 m a 1 km sobre el borde de la caldera. Los gases son emitidos con fuerte presión y ruido debido al proceso continuo de desgasificación del volcán.

Además, durante este tiempo la actividad se incrementó esporádicamente produciéndose emisiones de ceniza volcánica que, trasladadas por los vientos, viajaron en dirección Este y Sur-este preferentemente. El día 07 de mayo se produjo la emisión de bloques de rocas incandescentes de hasta 70 cm de diámetro, que alcanzaron hasta un radio de 1.5 km del cráter, aunque sin causar daño alguno. El día 10 de mayo, de 12:45 a 13:50 p.m., se ha observado una emisión casi continua de cenizas y gases que se elevaron hasta 1.2 km sobre el borde de la caldera, viajando hasta más de 12 km al Este del volcán, afectando levemente a las localidades de Yalagya y Uloque. El 12 de mayo entre las 7 y 9 a.m., y el 13 de mayo entre las 10 y 11:45 a.m. se produjo emisiones leves de cenizas que cayeron en el valle de Ubinas. En ambas ocasiones las columnas de gases y cenizas alcanzaron los 1500 m por encima de la caldera.

Se han observado algunas pequeñas explosiones que estarían asociadas a la limpieza parcial del conducto o chimenea del volcán, que se encontraría momentáneamente cerrado. Toda esta actividad es normal en periodos de crisis volcánicas.

Desde el día 21 de Abril, además de los registros sísmicos analógicos, también se está obteniendo registros sísmicos digitales. El análisis de los registros del 21 al 26 de abril ha permitido distinguir claramente que la energía sísmica asociada al volcán Ubinas es de bajo nivel. Asimismo, las explosiones que ocurren son de baja magnitud, y sólo hay, en promedio, una explosión relativamente fuerte por día. Aun así, estas explosiones son de baja energía si se las compara con las explosiones observadas en otros volcanes andesíticos.

Aparentemente los volúmenes de material asociado a la actividad sísmica son pequeños. Si bien existen enjambres de sismos de baja frecuencia (e incluso temblores), éstos son cortos y están constituidos de un bajo número de señales en comparación con enjambres observados durante la formación de domos en otros volcanes. Dichos enjambres pueden estar asociados a intrusiones de bajos volúmenes, si fuera el caso.

Durante el periodo comprendido entre el 27 de abril y el 05 de mayo, la sismicidad ha continuado siendo persistente pero de muy baja energía, observándose principalmente la ocurrencia de eventos asociados al movimiento de fluidos al interior. Así, se han contado un promedio diario de 36 eventos tipo LP y 118 temblores. De manera esporádica se han presentado eventos de fractura o VT.

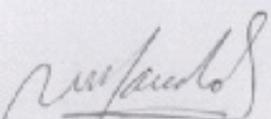
Los resultados del monitoreo geoquímico de las aguas de fuentes termales asociadas al volcán Ubinas muestran, en general, pocas variaciones a excepción de la fuente "Ubinas Temel", localizada a 6 km al Sur-este del cráter, donde se ha podido identificar importantes variaciones de temperatura y acidez (pH). Así, del 27 abril al 01 de Mayo, se ha observado un aumento de hasta 10° C por encima de su temperatura habitual. En los días subsiguientes, hasta el 11 de mayo inclusive, las temperaturas retornaron a sus valores normales, es decir entre 29 a 32 °C. Así mismo el parámetro pH de las aguas, ha mostrado una ligera disminución a 6.5 en relación a pH normal de la fuente de R.D. hasta el 11 de mayo.

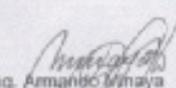
Por todo lo anteriormente expuesto se concluye que la actividad volcánica actual se mantiene en un nivel moderado a bajo, de manera que las instituciones participantes en los trabajos de vigilancia volcánica recomendarán al SIREDECI-Moquegua continuar con la alerta "amarilla".

Las instituciones geocientíficas suscritas continuarán realizando trabajos de vigilancia volcánica continua y permanente, contando además con el apoyo de la cooperación internacional (IRD-Francia, Universidad de Hawaii-USA, Universidad B. Pascal-Francia) y del Gobierno Regional de Moquegua. Actualmente se mantiene un campamento-base de observación visual del volcán, así como hay instalados equipos que monitorean la sismicidad, y eventuales deformaciones del volcán (distanciómetro, GPS), y se continúa con las mediciones de temperatura, acidez y composición química de las aguas termales.

Arequipa, 17 de Mayo del 2006


Ing. Jerry Mariño
INGEMMET


Dr. Orlando Maceo
IGP


Ing. Armando Uchaya
IG-UNSA

COMUNICADO N° 07

EL INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ (IGP), INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO METALÚRGICO (INGEMMET) Y EL INSTITUTO GEOFÍSICO DE LA UNSA (IG-UNSA), en relación a la situación actual del volcán Ubinas comunican lo siguiente:

Entre los días 18 y 28 de mayo el volcán Ubinas ha continuado presentando emisiones continuas de gases. Así mismo, durante este tiempo se produjeron eventuales emisiones de cenizas y pequeñas explosiones que han fragmentado gradualmente la lava que se encontraba desde el 19 de abril dentro del cráter, estos fragmentos han sido arrojados hacia afuera.

Los gases emitidos (entre el 18 y 28 de mayo) están constituidos principalmente por vapor de agua, SO₂ y CO₂, siendo poco tóxicos debido a su baja concentración. Estos gases son de color gris blanquecino, ascienden y se disipan generalmente entre los 300 a 600 m sobre el borde de la caldera.

El día 20 de mayo a las 4:10 Hrs. se produjo una explosión luego del cual el volcán emitió gases y cenizas de manera continua durante 20 minutos y que se elevaron hasta 1500 m de altura sobre el borde de la caldera. Las cenizas y gases fueron dispersados en dirección E y NE. El día 22 de mayo a las 4:30 Hrs. se produjo una nueva explosión, que arrojó fragmentos de lavas incandescentes que fueron avistados durante casi 30 segundos. Siguió a la explosión emisiones de gases y cenizas de manera continua durante 30 minutos, los que se elevaron hasta 800 m de alto y fueron dispersados en dirección S y SE. El día 23 de mayo a las 21:02 Hrs. se produjo una leve explosión. El día 24 de mayo en horas de la mañana se produjeron 02 explosiones (4:16 Hrs. y 9:15 Hrs.), que fueron escuchadas incluso en el pueblo de Anascapa, situado a 09 km del volcán Ubinas, seguidas de emisiones de gases y cenizas que se elevaron hasta en 1500 m por encima de la caldera y fueron dispersados en dirección N y NE, afectando el anexo de Para e incluso levemente el pueblo de Lloque situado a una distancia de 15 km. El día 28 de mayo se registraron 02 explosiones, a las 17:56 Hrs. y 22:16 Hrs. Finalmente el día 29 de mayo se registro una explosión a las 00:08 Hrs. Las tres últimas explosiones mencionadas generaron emisiones de cenizas que alcanzaron más de 3000 m de alto y fueron dispersadas en dirección S y SE, cayendo sobre los pueblos del valle de Ubinas (Querapi, Sacoaya, Tonohaya, Anascapa, Ubinas, Escacha, San Miguel, Huatahua, Huarina e incluso Matalaque). Estas últimas caídas de cenizas en mención son las más voluminosas registradas hasta la fecha.

Las explosiones más importantes fueron las ocurridas los días 07 y 24 de Mayo, las mismas que arrojaron fragmentos de lava incandescentes que alcanzaron una distancia máxima de 1700 m del cráter. Los fragmentos de lava tienen en su mayoría de 1 a 25 cm de diámetro, pero también hay algunos de hasta 3 a 4 m de diámetro, sin embargo, estas últimas solo fueron expulsadas hasta 200 m del cráter. Todas las explosiones están asociadas a la limpieza parcial del conducto o chimenea del volcán eventualmente obstruido. Como se señaló en comunicados anteriores, las explosiones que vienen ocurriendo son normales en periodos de crisis volcánica y las registradas hasta hoy siguen siendo de baja energía si se les compara a explosiones observadas en otros volcanes activos andesíticos.

A partir de los datos obtenidos de la estación sísmica analógica y la estación sísmica radiotelemétrica que viene funcionando intermitentemente desde el 24 de mayo, se tiene que el promedio de sismos al interior del volcán del 06 al 19 de mayo, fue de 238 diarios, de los cuales 168 corresponden a temblores y 66 son de largo periodo (LP). Entre el 20 y 28 de mayo el promedio de sismos fue de 271 diarios, de los cuales 214 corresponden a temblores y 51 son de largo periodo (LP). Por otro lado, entre el 28 y 29 de mayo hubieron tres moderadas explosiones y el día 29 ocurrió un temblor muy largo de hasta 1 hora y 11 minutos de duración. Lo antes mencionado, muestra que la sismicidad se mantiene de alta incidencia con ocurrencia de sismos LP y temblores, pero de baja energía. Así mismo, denotan el movimiento de fluidos que en los últimos dos días se han incrementado ligeramente en comparación con días anteriores.

El monitoreo de la deformación del edificio volcánico efectuado con el método de Interferometría Radar (Convenio INGENMET-CONIDA), en base a dos imágenes radar del satélite ENVISAT tomadas el 04/12/2004 y 13/05/2006, indican que no se ha producido deformación sobre el cono volcánico del Ubinas ni en los alrededores hasta el día 13 de mayo último.

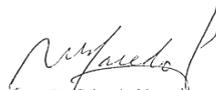
Los resultados del monitoreo geoquímico de las fuentes termales asociadas al volcán Ubinas no muestran variaciones importantes de su temperatura y composición química en los últimos diez días.

En conclusión, a partir del día 20 de mayo se evidencia: a) un ligero incremento de la actividad sísmica respecto al registrado desde el inicio de la actual crisis volcánica, b) moderado incremento de la emisión de cenizas, c) ligero incremento del número de explosiones, casi siempre acompañadas con emisiones de fragmentos de lava incandescente.

A pesar del ligero incremento de la actividad volcánica, el Índice de Explosividad Volcánica (IEV) se mantiene en 1. Finalmente, las instituciones participantes en los trabajos de vigilancia volcánica, recomiendan al SIREDECI-Moquegua continuar con la alerta "amarilla".

Las instituciones geocientíficas suscritas continuarán realizando trabajos de vigilancia volcánica continua y permanente, contando además con el apoyo de instituciones nacionales (SENAMHI-Arequipa, CONIDA), la cooperación internacional (IRD-Francia, Universidad de Hawaii-USA, Universidad B. Pascal-Francia), del Gobierno Regional de Moquegua y del Instituto Nacional de Defensa Civil (INDECI).

Moquegua, 30 de Mayo del 2006


Dr. Oriando Macedo
IGP


Ing. Jersy Mariño
INGEMMET


Ing. Armando Maraya
IG-UNSA

COMUNICADO N^{RO} 9

El INSTITUTO GEOFISICO DEL PERU (IGP), INSTITUTO GEOLOGICO MINERO METALURGICO (INGEMMET), INSTITUTO GEOFISICO DE LA UNSA, en relación a la situación actual del volcán Ubinas comunican lo siguiente:

Desde que se inicio la crisis volcánica del Ubinas en el mes de Marzo del 2006 hasta el día 3 de junio este presentó un incremento gradual de la actividad volcánica, registrándose el día 2 de junio una de las explosiones más fuertes ocurridas durante la crisis, con emisiones de bloques de roca incandescentes que alcanzaron distancias de hasta 1,7 km del cráter. Esta explosión fue seguida de mas de 15 horas de tremores sísmicos. En vista de estas observaciones el Comité Científico sugirió al SIREDECI-Moquegua elevar el nivel de alerta "amarilla" a "naranja".

Posteriormente, entre los días 04 y 23 de junio el Ubinas presento un comportamiento variable caracterizado por leves emisiones de gases y cenizas, y esporádicamente intensas emisiones de cenizas grises, acompañada a veces de explosiones con emisión de bloques de rocas incandescentes. Así, ocurrieron eventos fuertes el 13 de junio desde la 7:50 hrs. hasta las 11:30 hrs. con columnas de ceniza hasta más de 1500 m sobre el borde de la caldera, viajando mas de 14 km al Norte y Este afectando poblados como Yalagua, Para, Lloque. El 18 de junio a las 1:07 y 5.54 hrs. se registraron dos explosiones. En la segunda explosión hubo emisiones de bloques incandescentes que cayeron aproximadamente 1000 m al SE del cráter, seguido de emisiones de cenizas durante 1 hora 35 min que se elevaron hasta 3600 m sobre el borde de la caldera, luego fueron dispersados hacia el Oeste y alcanzaron la localidad de Moche y la laguna Salinas.

El día 19 de junio a las 8:40 y 11:40 hrs. hubo emisiones de cenizas que se elevaron hasta 1000 m y fueron dispersados al Este y SE que viajaron más de 10 km de distancia. Posteriormente, el día 23 de junio a las 2:21 hrs. hubo una explosión con emisión de rocas incandescentes que cayeron aproximadamente 1.2 km al NE del cráter seguida de 3 horas de columnas de cenizas y gases de color gris oscuro que ascendieron hasta 3800 m de altura. El día 24 de junio a las 7:56 hrs. hubo una explosión con presencia de rocas incandescentes que cayeron en dirección N-NO y además se genero una columna eruptiva de 3000 m de dirección E – SE. El 29 de junio a las 4:23 hrs. se produjo una explosión fuerte, que generó cenizas y fumarolas de color gris oscuro que ascendieron hasta 1000 m. El día 10 de julio 11:49 hrs, 12:06 hrs y 19:49 hrs se observaron explosiones. La segunda fue seguida de emisiones de cenizas que ascendieron hasta 3000 m de altura. El día 11 de julio se observó una explosión a las 03:48, y el día 12 de julio hubo explosiones a las 06:07 hrs, 8:20 hrs y 16:25 hrs

La ocurrencia de explosiones estaría asociada al rompimiento de un "tapón de lava" en el conducto o chimenea del volcán que se acumula continuamente. Los datos de imágenes satelitales GOES disponibles muestran frecuentemente leves anomalías térmicas en la zona del cráter antes de las explosiones. Los sonidos fuertes que se escuchan frecuentemente se deben al ascenso continuo de fluidos gases y cenizas bajo presión que llegan a alcanzar la superficie. Toda esta actividad es normal en periodo de crisis volcánica.

En cuanto al monitoreo y vigilancia sísmica, luego de la más notable explosión ocurrida en el volcán el 02 de Junio, las explosiones han seguido ocurriendo en algunos días, habiéndose obtenido señales sísmicas de hasta 18 explosiones entre el 03 de Junio y el presente. Por otro lado, se ha observado algunos tremores que aparecen esporádicamente, pero que no persisten por mucho tiempo, siendo el mayor registrado de 17 minutos, el día 18 de junio.

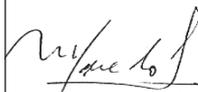
Tales eventos o manifestaciones sísmicas se caracterizan siempre por ser de baja energía, y están asociados fundamentalmente a la evacuación de magma y fluidos hasta la superficie.

Resultados de análisis químicos de cenizas efectuados en laboratorios especializados muestran que estas contienen pequeñas cantidades de silice, azufre, F, Cl y otros, por lo tanto moderadamente tóxicos para las personas y población pecuaria que viven en áreas aledañas al volcán. Las aguas de fuentes termales no han mostrado variaciones importantes en composición química, temperatura y/o acidez.

Después de todos estos análisis se concluye que la actividad volcánica actual es leve y a veces moderada por lo cual las instituciones participantes en la vigilancia volcánica recomiendan al SIREDECI-Moquegua pasar de la alerta "naranja" a la alerta "amarilla".

Las instituciones geocientíficas nos mantenemos realizando trabajos de vigilancia continua y permanente para mantener comunicados a la población del valle de Ubinas ante una eventual erupción mayor que pueda presentar dicho volcán.

Arequipa, 13 de Julio del 2006



Dr. Orlando Macedo
IGP



Ing. Marco Rivera
INGEMMET



Ing. Armando Minaya
IG-UNSA

COMUNICADO N^º 10

EL INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ (IGP), INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO (INGEMMET), INSTITUTO GEOFÍSICO DE LA UNSA, integrantes de la Comisión de Ciencia y Tecnología Ad-Hoc (Oficio Múltiple Nro 3768-2006, INDECI), en relación a la situación actual del volcán Ubinas comunican lo siguiente:

Durante el mes de julio y agosto, la actividad sismo-volcánica ha mostrado cambios visibles. En julio se ha registrado un fuerte aumento en el número de explosiones. Ocurrieron hasta 18 explosiones en el lapso de 11 días (del 09 al 19 de julio) y un total de 22 explosiones durante el mes, siendo la más importante la explosión del día 18 de julio. La energía de dicha explosión ha sido calculada en 171 megajoules (MJ) utilizando los registros digitales de la estación sísmica-telemétrica UBI localizada a 2,5 km al NW del cráter. Asimismo, a partir del día 09 de julio y durante el mes de agosto se ha observado también un incremento en la energía diaria liberada por el volcán pasando de menos de 100 MJ hasta frecuentes valores por encima de los 200 MJ, lo cual concuerda tanto con incremento en el número diario de sismos LP como con la duración diaria de los tremores registrados. En agosto, hasta hoy se han registrado hasta 3 explosiones. La explosión del día 12 de agosto a las 08.43 hrs fue seguida de fuertes emisiones de cenizas durante todo el día, habiéndose calculado una liberación de energía de 1776 MJ para ese día, siendo así la más alta tasa en lo que va de los registros de la estación sísmica-telemétrica UBI.

En cuanto a las fumarolas y emisión de cenizas, se ha observado lo siguiente. Los días 17 y 18 de julio, se produjeron emisiones de cenizas que se elevaron entre 1000 y 2000 m sobre el borde de la caldera, posteriormente fueron dispersadas hasta 60 Km en dirección noroeste y oeste. Los días 19 y 22 de julio (8.29 hrs y 22.41 hrs, respectivamente), ocurrieron dos explosiones con emisiones de fragmentos incandescentes, luego de las cuales se formaron columnas de gases y cenizas que alcanzaron entre 3000 a 3500 m de altura. Estos días las cenizas fueron dispersadas a más de 30 km de distancia en dirección oeste y suroeste. El día 27 de julio, a las 2.22 hrs., se produjo una explosión seguida de emisiones de gases y cenizas que alcanzaron 1500 m de altura y se dirigieron al sur y sur-este. Posteriormente, el día 12 de agosto a las 8.43 hrs tuvo lugar una explosión con emisión de fragmentos incandescentes y bloques que al caer por fuera de la caldera produjeron algunos derrumbes menores en el sector de la cumbre. Las emisiones de cenizas y gases que siguieron a esta explosión alcanzaron hasta 3000 m de altura sobre la caldera y fueron dispersadas hasta una distancia de 100 km en dirección sureste y sur.

Entre el 14 y 20 de julio, luego de ocurridas las explosiones los vientos soplaron preferentemente hacia el oeste, por esta razón se han reportado caídas de ceniza en las zonas de San Juan de Tarucani, Moche, Laguna Salinas, Santa Lucia y Tite. Del día 21 de julio al 15 de agosto, la dirección de los vientos ha sido principalmente hacia el Sur y Sureste, por lo que en las últimas tres semanas vienen ocurriendo lluvias de cenizas en casi todo el valle del río Ubinas, Matalaque y Chacchagen, observándose mayores intensidades los días 05 al 15 de agosto. Actualmente, las cenizas alcanzan espesores de aproximadamente 5 mm en la zona de Querapi, 3 mm en el pueblo de Ubinas, 2 mm en Anascapa y menos de 1 mm en Chacchagén y Matalaque.

El monitoreo geoquímico de las aguas termales muestra pocos cambios. En la fuente de "Ubinas Termal", situada 6 km al SE del cráter, tanto la acidez como la temperatura de las aguas no han presentado importantes variaciones. Así, entre el 24 de julio y el 9 de agosto el pH se ha mantenido alrededor de 6.3, mientras que entre el 13 de julio y el 9 de agosto se ha observado temperaturas fluctuantes entre 30 °C a 35 °C y un pico de 41 °C los días 19 y 20 de julio.

En la fuente termal de "Matalaque", situada a 17 km al SE del cráter, los valores de acidez se mantienen en valores neutros (pH=7.0), mientras que la temperatura de las aguas termales se han ido incrementando lenta y gradualmente. Así, entre el 01 de mayo y el 09 de agosto la temperatura pasó de 30 °C hasta 34°C.

El monitoreo de la temperatura del edificio volcánico, efectuado por el satélite GOES ha mostrado generalmente anomalías térmicas débiles a moderadas. Sólo hubo un día, el 14 de julio, con anomalía térmica resaltante.

El monitoreo de la deformación del edificio volcánico efectuado con el método de Interferometría Radar, en base a imágenes radar del satélite ENVISAT, tomados entre el 12 Abril del 2004 y el 09 de Julio del 2006, no muestran deformaciones del edificio volcánico en ese lapso.

Durante las últimas semanas el volumen de cenizas emitidas se ha visto fuertemente incrementado, calculándose que a la fecha se ha expulsado ya un volumen total aproximado de 1,5 millones de metros cúbicos. Por tanto, el Índice de Explosividad Volcánica (IEV) ha pasado de 1 a 2.

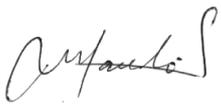
Después del análisis de la información expuesta se concluye que:

- La actividad sismo-volcánica se ha incrementado sensiblemente en las últimas cinco semanas.
- El Índice de Explosividad Volcánica (IEV) se ha incrementado a 2.
- Durante en las últimas cuatro semanas las cenizas caen casi todos los días, lo cual viene afectando a terrenos de cultivo, ganado y población asentada principalmente dentro de un radio de 12 Km alrededor del volcán.

Considerando todo lo anterior, y no obstante que en las últimas semanas se ha observado un incremento de la actividad volcánica, las instituciones participantes en los trabajos de vigilancia recomendamos al SIDERECI mantener la alerta amarilla.

Las instituciones geocientíficas suscritas continuarán realizando trabajos de vigilancia volcánica continua y permanente, y agradecen el apoyo de otras entidades e instituciones como el IRD-Francia, Universidad de Hawái-USA, Universidad Blaise Pascal-Francia, CONIDA, INDECI, y la Municipalidad de Ubinas.

Moquegua, 18 de agosto del 2006


Dr. Orlando Macedo S.
IGP


Lic. Vicentina Cruz
INGEMMET


Ing. Armando Minaya
IG-UNSA

COMUNICADO N^{RO} 11
EN RELACION A LA ACTIVIDAD DEL VOLCAN UBINAS
PERIODO DEL 18 AL 24 DE AGOSTO 2006

EL INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ (IGP), INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO (INGEMMET), INSTITUTO GEOFÍSICO DE LA UNSA, integrantes de la Comisión de Ciencia y Tecnología Ad-Hoc (Oficio Múltiple Nro 3768-2006, INDECI), en relación a la situación actual del volcán Ubinas comunican lo siguiente:

El análisis de los registros sísmicos digitales muestra que entre el 18 y 24 de agosto, se han presentado dos días, el 18 y el 20, de intensa actividad sismo-volcánica, principalmente dominada por la ocurrencia de tremores concurrentes con fuertes y continuas emisiones de ceniza. Destaca también el hecho que los días 18, 19 y 21 los tremores duraron casi todo el día y que las señales sísmicas de los días 18 y 20 muestran un notorio aumento en sus amplitudes. Todo lo anterior se refleja en los altos valores en la energía diaria calculada. Así, los días 18 y 20 de agosto la energía diaria alcanzó los 2740 y 3137 MJ (Mega-joules) respectivamente, siendo este último valor el más alto alcanzado durante todo este proceso de erupción. En contraste, en los días posteriores, es decir los días 21, 22, 23 y 24 se ha observado que la energía emitida ha descendido progresivamente. Además se reporta pequeñas explosiones ocurridas los días 18 a las 22:47 hrs, y 24 a las 14:31 hrs cuyas energías emitidas fueron de 57 MJ y 138 MJ respectivamente

En cuanto a las fumarolas y emisión de cenizas, se ha observado lo siguiente. Los días 18, 20, 24 y 25, se produjeron emisiones de cenizas que se elevaron entre 800m y 2000 m sobre el borde de la caldera, siendo luego dispersados en dirección Este y Sur-este. La explosión del día 24 a las 14:31 hrs originó una columna de gases y cenizas que alcanzaron alturas de hasta 2000m y se dispersaron hasta una distancia de 20 Km hacia la dirección Sur-este.

Entre el 18 y 24 de Agosto los vientos soplaron preferentemente hacia el sector Sureste y Este, por esta razón se han reportado caídas de ceniza con olores a gases sulfurosos en las zonas de: Santa Rosa de Para, Querapi, todo el valle de Ubinas y Escacha, alcanzando espesores de aproximadamente 1cm en la zona de Querapi, 3 mm en Ubinas y Santa Rosa de Para, 4 mm en Anascapa y menos de 1 mm en Chacchagen y Matalaque.

Después del análisis de la información expuesta se concluye que:

- a) La actividad sismo-volcánica ha mostrado un incremento entre los días 18 y 24 de Agosto, habiéndose calculado una energía diaria de 3137 MJ que representa un máximo en lo que va del presente proceso eruptivo. Cabe resaltar, sin embargo, que en los días siguientes dicha actividad ha descendido a niveles comparables a las anteriores semanas.
- b) La caída de cenizas, ocurrida en general hacia las zonas situadas al Este y Sureste del volcán, continúa afectando a terrenos de cultivo, ganado y población próxima al volcán.
- c) El Índice de Explosividad Volcánica (IEV) se mantiene en 2.

Considerando todo lo anterior, las instituciones participantes en los trabajos de vigilancia recomendamos al SIDERECCI mantener la alerta amarilla.

Las instituciones científicas suscritas continuarán realizando trabajos de vigilancia volcánica continua y permanente, y agradecen el apoyo de otras entidades e instituciones como el IRD-Francia, Universidad de Hawai-USA, Universidad Blaise Pascal-Francia, INDECI, Gobierno Regional de Moquegua y la Municipalidad de Ubinas.

Moquegua, 25 de agosto del 2006.


 Dr. Orlando Macedo S.
 IGP


 Lic. Vicentina Cruz
 INGEMMET


 Ing. Armando Minaya
 IGUNSA

COMUNICADO N^{RO} 12
EN RELACION A LA ACTIVIDAD DEL VOLCAN UBINAS
PERIODO DEL 25 AL 31 DE AGOSTO 2006

EL INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ (IGP), INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO (INGEMMET), INSTITUTO GEOFÍSICO DE LA UNSA, integrantes de la Comisión de Ciencia y Tecnología Ad-Hoc (Oficio Múltiple Nro 3768-2006, INDECI), en relación a la situación actual del volcán Ubinas comunican lo siguiente:

El análisis de los registros sísmicos digitales muestra que en la semana del 25 al 31 de Agosto la actividad sismo-volcánica ha sido casi permanente pero de menor intensidad si se le compara con la semana anterior. Así, la energía liberada ha alcanzado solamente a 954 MJ (Mega-joules) por día en promedio, mientras que en la semana anterior se liberó un promedio de 1215 MJ diarios. Aparte de los continuos tremores de baja energía que ocurrieron prácticamente durante las 24 horas y todos los días, se han registrado sismos de tipo LP en un promedio de 25 eventos por día. Además se reporta explosiones ocurridas el 25 de Agosto a las 10:00 hrs, el 26 de Agosto a las 09:34 hrs, y el 31 de Agosto a las 05:11 hrs, cuyas energías emitidas fueron de 89 MJ, 133 MJ y 135 MJ respectivamente.

En cuanto a las fumarolas y emisión de cenizas, se ha observado lo siguiente. Entre los días 25 al 31 se produjeron emisiones de cenizas y gases que se elevaron entre 300 y 2000 m sobre el borde de la caldera. Durante estos días los vientos soplaron preferentemente hacia el sector Sureste, Este, Noreste y Norte, favoreciendo la dispersión de las cenizas en dirección al valle de Ubinas y Santa Rosa de Para. Por tanto, desde iniciada la erupción a la fecha se ha acumulado alrededor de 15 mm de cenizas en el área de Querapi, de 8 a 10 mm en la zona de Sacohaya, 5 a 7 mm en Ubinas, 3 a 4 mm en Anascapa, 2 mm en Huatahua y menos de 1 mm en Chacchajén.

Las explosiones de los días 25, 26 y 27 de Agosto emitieron fragmentos incandescentes, y generaron columnas de gases y cenizas muy densas de coloración gris oscura que alcanzaron alturas entre 1200 a 2000 m. Estos días las cenizas fueron dispersadas entre 40 y 60 Km de distancia en dirección Norte, Noreste, Este Sureste.

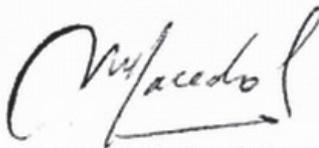
Después del análisis de la información expuesta se concluye que:

- a) La actividad sismo-volcánica se ha mostrado persistente durante toda la semana, pero, comparada con la semana anterior, ha disminuido en cuanto a su intensidad. Esta semana la energía liberada ha alcanzado un promedio diario de 954 MJ.
- b) Las caídas de cenizas, ocurridas hacia áreas situadas al Sureste, Sur, Este y Norte del volcán han afectado los terrenos de cultivo, ganados y población asentada principalmente a menos de 12 Km del volcán Ubinas. Desde el inicio de la erupción, la acumulación de cenizas en zonas pobladas, van desde los 15 mm en Querapi (4 km al Sureste del cráter) hasta menos de 1 mm en Chacchajén (16 km al Sureste del cráter).
- c) El Índice de Explosividad Volcánica (IEV) se mantiene en 2.

Considerando todo lo anterior, las instituciones participantes en los trabajos de vigilancia recomendamos al SIDERECCI mantener la alerta amarilla.

Las instituciones científicas suscritas continuarán realizando trabajos de vigilancia volcánica continua y permanente, y agradecen el apoyo de otras entidades e instituciones como el IRD-Francia, la Universidad de Savoie-Francia, la Universidad de Hawai-USA, la Universidad Blaise Pascal-Francia, CONIDA, INDECI, Gobierno Regional de Moquegua, la Municipalidad de Ubinas y la Cía Minera Inkabor.

Moquegua, 01 de Setiembre del 2006.


 Dr. Orlando Macedo S.
 IGP


 Lic. Vicentina Cruz
 INGEMMET


 Ing. Armando Miraya
 IGUNSA

COMUNICADO N^{RO} 13
EN RELACION A LA ACTIVIDAD DEL VOLCAN UBINAS
PERIODO DEL 01 AL 07 DE SETIEMBRE 2006

EL INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ (IGP), INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO (INGEMMET), INSTITUTO GEOFÍSICO DE LA UNSA (IG-UNSA), integrantes de la Comisión de Ciencia y Tecnología Ad-Hoc (Oficio Múltiple Nro 3768-2006, INDECI), en relación a la situación actual del volcán Ubinas comunican lo siguiente:

El análisis de los registros sísmicos digitales muestra que en la semana del 01 al 07 de setiembre la actividad sismo-volcánica ha disminuido drásticamente en relación a la semana anterior, siguiendo así la tendencia a la baja observada desde hace dos semanas. En efecto, la energía liberada ha alcanzado un promedio diario de solo 61 MJ (Mega-joules) en comparación a los 954 MJ por día calculados para la semana pasada, el número de sismos de tipo LP ha disminuido a un promedio de 18 por día en comparación a los 35 por día que se observó la semana anterior. No han ocurrido explosiones, ni sismos de tipo VT. Asimismo, los temores casi han desaparecido, pues hubo calma total a excepción de cerca de 5 horas de temer de baja energía, de tasa inferior a 1MJ por minuto, que se presentó el día 6 entre las 15 y 20 horas. Este temer así como todos los registrados desde la tercera semana de abril están asociados a ascensos de magma que culminan con fuertes emisiones de cenizas; por esta razón los podemos llamar "temores de emisión"

En cuanto a las emisiones de gases y cenizas entre los días 01 al 07 de septiembre, se ha observado muy poca emisión de los mismos. Estos han tenido color gris claro, alcanzando alturas entre 100 y 400 m por encima del borde de la caldera. Sin embargo los días 01 y 06 las emisiones de cenizas y gases se incrementaron ligeramente, y se elevaron entre 700 y 800 m. Las cenizas fueron dispersadas principalmente en dirección Sur, Sureste, Este, y Noreste, influenciados por las direcciones de vientos predominantes, que tuvieron velocidades entre 1 y 15 m/s.

El día 07 de septiembre se realizó un vuelo de observación aérea al volcán. En esta oportunidad se observó un depósito pequeño de lava en el fondo del mismo, cuyo volumen es ligeramente menor al observado el día 19 de Abril último, el mismo que fue fragmentado y expulsado progresivamente durante las explosiones posteriores a la mencionada fecha. Esto evidencia un ascenso de magma de poco volumen en los últimos meses. Asimismo, la morfología del cráter no evidencia ningún cambio importante respecto a las observaciones hechas durante los meses de abril y mayo.

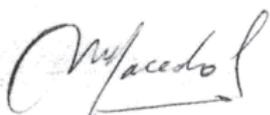
Después del análisis de la información expuesta se concluye que:

- a) La actividad sismo-volcánica ha disminuido drásticamente durante la presente semana. La energía liberada ha alcanzado un promedio diario de solo 61 MJ.
- b) Las emisiones de gases y cenizas han disminuido notoriamente en los últimos 7 días y estas han sido dispersadas preferentemente en dirección Sureste, Este, Sur y Noreste. Las caídas de cenizas en el valle de Ubinas y el área circundante al volcán no ha afectado considerablemente el medio ambiente.
- c) El Índice de Explosividad Volcánica (IEV) se mantiene en 2.

Considerando todo lo anterior, las instituciones participantes en los trabajos de vigilancia recomendamos al SIREDECI mantener la alerta amarilla.

Las instituciones científicas suscritas continuarán realizando trabajos de vigilancia volcánica continua y permanente, y agradecen el apoyo de otras entidades e instituciones como el IRD-Francia, la Universidad de Savoie-Francia, la Universidad de Hawaii-USA, la Universidad Blaise Pascal-Francia, CONIDA, INDECI, Gobierno Regional de Moquegua, la Municipalidad de Ubinas y la Cía Minera Inkabor.

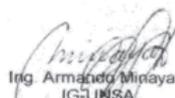
Moquegua, 08 de Setiembre del 2006.



Dr. Orlando Macedo S.
IGP



Lic. Vicentina Cruz
INGEMMET



Irig. Armando Minaya
IG-UNSA

COMUNICADO N^{RO} 14
EN RELACION A LA ACTIVIDAD DEL VOLCAN UBINAS
PERIODO DEL 08 AL 21 DE SETIEMBRE 2006

EL INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ (IGP), INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO (INGEMMET), INSTITUTO GEOFÍSICO DE LA UNSA (IG-UNSA), integrantes de la Comisión de Ciencia y Tecnología Ad-Hoc (Oficio Múltiple Nro 3768-2006, INDECI), en relación a la situación actual del volcán Ubinas comunican lo siguiente:

El análisis de los registros sísmicos digitales muestra que en la semana del 08 al 14 de septiembre la actividad sísmo-volcánica se ha mantenido en niveles mínimos habiéndose registrado sólo 43 MJ (Mega-joules) por día en promedio, continuando así lo observado a partir del 01 de setiembre. Luego, en la semana del 15 al 21 la actividad aumentó ligeramente llegando a 208 MJ por día en promedio. Entre el 08 y 21 de setiembre, el número de sismos de tipo LP ha alcanzado un promedio de 10 por día y no han ocurrido explosiones, ni sismos de tipo VT. En cuanto a la actividad tremórica ("tremores de emisión" de tasas menores a 1 MJ por minuto), ésta ha sido poco frecuente la primera semana, y aumentó en la segunda semana, habiéndose registrado tremores los días 13 (por 5 horas), 15 (por 3 horas), 16 (por 7 y media horas), 20 (por 10 horas) y 21 (por 13 horas). El día 20 de setiembre, luego de un pequeño sismo tectónico regional ocurrido a las 09:09 hrs, se registró un sismo volcánico de tipo LP a las 09:14 hrs, de 0.65 MJ de energía, y cuarenta minutos más tarde se registraron intensos tremores de emisión que se prolongaron por 10 horas

Entre los días 08 al 21 de setiembre se ha observado emisión de gases y cenizas de color generalmente gris claro, baja densidad y que alcanzaron en promedio entre 300 y 700 m por encima del borde de la caldera. Sin embargo los días 17 (todo el día) y 18 (entre 8:30 y 9:20 hrs.) se observó un incremento de emisiones de gases y cenizas que alcanzaron hasta 2000 m de altura. El día 20 a las 9:14 se ha observado una explosión débil con emisión de cenizas y gases color gris oscuro que se elevaron a más de 700 m de altura. Durante este periodo las cenizas y gases han sido dispersadas preferentemente en dirección Sureste, Norte, Este, Noroeste y Noroeste, influenciados por las direcciones de vientos predominantes.

La temperatura de las aguas de la fuente "Ubinas Termal" registradas del 08 de agosto al 09 de setiembre muestran una ligera disminución de 30.4 a 29.5 °C, este último valor ha permanecido constante desde el 10 de agosto al 09 de setiembre. Posteriormente, entre los días 10 y 18 de setiembre se produjo un ligero incremento hasta 30.8 °C. El pH se ha mantenido en 6.7 durante todo este periodo.

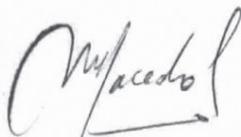
Después del análisis de la información expuesta se concluye que:

- a) En la semana del 08 al 14 de setiembre, la actividad sísmo-volcánica se ha mantenido en sus niveles más bajos observados desde el 24 de mayo (fecha de inicio de los registros sísmicos digitales telemétricos), habiéndose calculado un promedio diario de 43 MJ en la energía liberada. La semana siguiente, del 15 al 21 de setiembre, la actividad ha aumentado ligeramente, alcanzando los 208 MJ por día en promedio.
- b) Las emisiones de gases y cenizas han sido muy bajas, aunque en los últimos 4 días se ha observado un claro incremento.
- c) La temperatura de la fuente "Ubinas Termal" ha disminuido a sus valores promedio o habituales, similares a los registrados incluso en fechas anteriores al inicio de la actual crisis eruptiva.

Considerando todo lo anterior, recomendamos al SIREDECI-Moquegua de mantener la alerta amarilla.

Las instituciones científicas suscritas proseguirán realizando el monitoreo y vigilancia volcánica en forma continua y coordinada, y agradecen el apoyo de otras entidades e instituciones como el IRD-Francia, la Universidad de Savoie-Francia, la Universidad de Hawai-USA, la Universidad Blaise Pascal-Francia, CONIDA, INDECI, Gobierno Regional de Moquegua, la Municipalidad de Ubinas y la Cia Minera Inkabor.

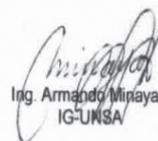
Moquegua, 22 de Setiembre del 2006.



Dr. Orlando Macedo S.
IGP



Lic. Vicentina Cruz
INGEMMET



Ing. Armando Miraya
IG-UNSA

COMUNICADO N^{RO} 15
EN RELACION A LA ACTIVIDAD DEL VOLCAN UBINAS
PERIODO DEL 22 AL 28 DE SETIEMBRE 2006

EL INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ (IGP), INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO (INGEMMET), INSTITUTO GEOFÍSICO DE LA UNSA (IG-UNSA), integrantes de la Comisión de Ciencia y Tecnología Ad-Hoc (Oficio Múltiple Nro 3768-2006, INDECI), en relación a la situación actual del volcán Ubinas comunican lo siguiente:

El análisis de los registros sísmicos digitales muestra que en la semana del 22 al 28 de septiembre la actividad sismo-volcánica se ha mantenido en niveles similares a los de la semana pasada, habiéndose registrado un promedio de 235 MJ (Mega-joules) de energía diariamente emitida. En esta semana, la sismicidad ha sido dominada por temores de emisión con tasas menores a 1 MJ por minuto, los cuales han sido permanentes, salvo el último día (28 septiembre) en que disminuyó a sólo 120 minutos de temer. Se ha registrado sólo 19 sismos de tipo LP, ninguno de tipo VT, ni tampoco explosiones.

La actividad fumarólica entre los días 22 y 28 de septiembre ha sido leve, consistió principalmente de emisiones de gases y escasa cantidad de cenizas. Los gases y cenizas emitidas han sido de color gris blanquecino, alcanzaron en promedio entre 300 y 900 m de altura por encima del borde de la caldera y fueron dispersadas preferentemente en dirección Sureste, Este y Sur, y esporádicamente hacia el Noreste. Asimismo, en el valle de Ubinas y áreas aledañas al volcán se ha registrado caídas de cenizas en muy poca cantidad

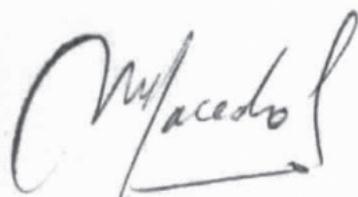
Después del análisis de la información expuesta se concluye que:

- a) En la semana del 22 al 28 de setiembre, la actividad sismo-volcánica se ha mantenido en niveles bajos, habiéndose calculado un promedio diario de 235 MJ en la energía liberada. Durante este lapso, la actividad de tipo tremórico, de baja energía, ha sido incesante a excepción del último día.
- b) Las emisiones de gases y cenizas han sido leves, manteniéndose en niveles similares a la semana precedente.

En base a lo expuesto anteriormente, recomendamos al SIREDECI-Moquegua mantener la alerta "amarilla".

Las instituciones científicas suscritas proseguirán realizando el monitoreo y vigilancia volcánica en forma continua y coordinada, y agradecen el apoyo de otras instituciones como el IRD-Francia, la Universidad de Savoie-Francia, la Universidad de Hawai-USA, la Universidad Blaise Pascal-Francia, CONIDA, INDECI, Gobierno Regional de Moquegua, la Municipalidad de Ubinas y la Cía Minera Inkabor.

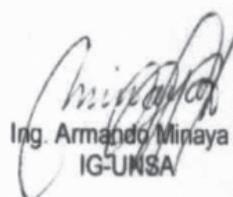
Moquegua, 29 de Setiembre del 2006.



Dr. Orlando Macedo S.
IGP



Lic. Vicentina Cruz
INGEMMET



Ing. Armando Miraya
IG-UNSA

COMUNICADO N^{RO} 16
EN RELACION A LA ACTIVIDAD DEL VOLCAN UBINAS
PERIODO DEL 29 DE SETIEMBRE AL 13 DE OCTUBRE 2006

EL INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ (IGP), INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO (INGEMMET), INSTITUTO GEOFÍSICO DE LA UNSA (IG-UNSA), integrantes de la Comisión de Ciencia y Tecnología Ad-Hoc (Oficio Múltiple Nro 3768-2006, INDECI), en relación a la situación actual del volcán Ubinas comunican lo siguiente:

El análisis de los registros sísmicos digitales muestra que en la semana del 29 de Setiembre al 5 de Octubre, la actividad sismo-volcánica disminuyó ostensiblemente respecto de la semana anterior, habiéndose registrado un promedio de 61 MJ (Mega-joules) de energía total diariamente emitida. Esta baja energía sísmica emitida está acorde con la actividad tremórica que solo se manifestó los días 1, 2 y 5 de Octubre, con tasas menores a 1 MJ por minuto, y con pocos sismos LP que hicieron un promedio de 14 por día, y ningún sismo VT ni explosiones.

Por el contrario, la semana siguiente, es decir del 6 al 13 de Octubre, la actividad sismo-volcánica ha aumentado. En efecto, el promedio diario de energía total emitida subió a 145 MJ por día. Si bien hubieron breves tremores, se observó un notorio aumento de sismos LP alcanzando un promedio de 80 por día. Asimismo, luego de 35 días, el día 5 de octubre a las 23:16 hora local, ocurrió una explosión de 136 MJ de energía. Posteriormente, el día 13 de octubre ocurrió una nueva explosión a las 00:59 hrs que emitió una energía de 208 MJ.

Entre el 29 de Setiembre y 13 de Octubre, se han observado emisiones moderadas de gases y cenizas. Estas emisiones han tenido en su mayoría color gris claro, alcanzando alturas promedio entre 600 y 700 m por encima del borde de la caldera. Sin embargo el día 13 de Octubre (00:59 Hrs.) se produjo una explosión seguida de emisiones de cenizas y gases hasta las 05:00 hrs, que alcanzaron entre 1000 y 1800 m de altura y fueron dispersadas hasta 25 km de distancia en dirección noreste. Durante estos días los gases y cenizas fueron dispersadas principalmente en dirección Sureste, Sur, Noreste y Este influenciados por las direcciones de vientos predominantes, pero las lluvias de cenizas han sido mínimas.

Las temperaturas de las aguas de la fuente "Ubinas termal" registradas del 22 de setiembre al 03 de octubre se ha mantenido casi constante en un rango entre 30.2°C y 30.6°C. El pH se ha mantenido entre 6.3 y 6.5 durante todo este periodo.

Después del análisis de la información expuesta se concluye que:

- a) En la semana del 29 de setiembre al 05 de Octubre, la actividad sismo-volcánica disminuyó respecto de la semana anterior, con sólo 61 MJ de energía liberada. Luego de una calma de 35 días, el día 5 de Octubre a las 23:16 hrs ocurrió una pequeña explosión y en la semana que siguió (del 6 al 13 de Octubre), la actividad sismo-volcánica ascendió registrándose un promedio de 145 MJ por día de energía emitida. Hubo aumento de sismicidad LP y el día 13 ha ocurrido una nueva explosión.
- b) Las emisiones de gases y cenizas se han incrementado ligeramente y estas han sido dispersadas preferentemente en dirección Sureste, Sur, Noreste y Este. Sin embargo no se han reportado caídas de cenizas importantes.
- c) La temperatura de la fuente "Ubinas Termal" se ha mantenido constante, similares a los registrados antes del inicio de la crisis eruptiva del volcán Ubinas.

En base a lo anteriormente expuesto, recomendamos al SIREDECI-Moquegua mantener la alerta "amarilla".

Las instituciones científicas suscritas proseguirán realizando el monitoreo y vigilancia volcánica en forma continua y coordinada, y agradecen el apoyo de otras instituciones como el IRD-Francia, la Universidad de Savoie-Francia, la Universidad de Hawai-USA, la Universidad Blaise Pascal-Francia, CONIDA, INDECI, Gobierno Regional de Moquegua, la Municipalidad de Ubinas y la Cia Minera Inkabor.

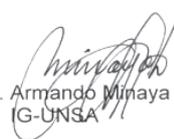
Moquegua, 14 de octubre del 2006.



Dr. Orlando Macedo S.
IGP



Ing. Jersy Mariño
INGEMMET



Ing. Armando Minaya
IG-UNSA

COMUNICADO N° 17**EN RELACION A LA ACTIVIDAD DEL VOLCAN UBINAS
PERIODO DEL 14 AL 30 DE OCTUBRE DEL 2006**

EL INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ (IGP), INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO (INGEMMET), INSTITUTO GEOFÍSICO DE LA UNSA (IG-UNSA), integrantes de la Comisión de Ciencia y Tecnología Ad-Hoc (Oficio Múltiple Nro 3768-2006, INDECI), en relación a la situación actual del volcán Ubinas comunican lo siguiente:

La actividad fumarólica entre los días 14 y 30 de octubre ha sido leve a moderada, consistió principalmente en emisiones de gases y en menor medida emisiones de cenizas, en forma de plumas tenues. Las plumas volcánicas emitidas fueron de color gris blanquecino y gris, alcanzaron en promedio entre 400 y 1000 m de altura, por encima del borde de la caldera y fueron dispersadas preferentemente en dirección Noreste, Sureste y Este, y esporádicamente hacia el Oeste y Norte. Durante los últimos siete días las emisiones de gases y cenizas se han incrementado ligeramente, ocasionando leves lluvias de cenizas en un radio menor a ocho kilómetros del volcán.

Los días 23 y 28 de octubre se registraron explosiones, la primera a las 8:42 Hrs. y la segunda a las 1:43 Hrs., respectivamente. Luego de las explosiones las columnas de gases y cenizas alcanzaron entre 1500 y 2000 m de altura. Las explosiones fragmentaron la lava que se halla en el fondo del cráter y lo arrojaron en forma de fragmentos de rocas incandescentes. Durante la última explosión hubo emisión de bombas volcánicas, que miden 8 cm de diámetro a 900 m de distancia del cráter. En el reconocimiento visual del cráter realizado el día 28 de Octubre, se distinguió un ligero incremento de su profundidad, del orden de algunos metros, esto probablemente debido a la expulsión de fragmentos de lava ocurrido en las dos últimas explosiones.

La ocurrencia de lluvias en la zona, registradas entre el 20 y 25 de Octubre, ha removido las cenizas del suelo y por consiguiente originado un cambio de color en las aguas de los ríos y quebradas aledañas al volcán Ubinas, especialmente en inmediaciones del río Huarina, donde la coloración del agua se ha tornado gris oscuro.

Después del análisis de la información expuesta se concluye que:

- a) En la semana del 14 al 27 de Octubre, la actividad sismo-volcánica
- b) Las emisiones de gases y cenizas han sido leves, con un ligero incremento en la última semana, lo cual originó leves lluvias de cenizas dentro de un radio de 8 km alrededor del volcán.

En base a lo expuesto anteriormente, recomendamos al SIREDECI-Moquegua mantener la alerta "amarilla".

Las instituciones científicas suscritas proseguirán realizando el monitoreo y vigilancia volcánica en forma continua y coordinada, y agradecen el apoyo de otras instituciones como el IRD-Francia, la Universidad de Savoie-Francia, la Universidad de Hawai-USA, la Universidad Blaise Pascal-Francia, CONIDA, INDECI, Gobierno Regional de Moquegua, la Municipalidad de Ubinas y la Cia. Minera Inkabor.

Moquegua, 30 de Octubre del 2006.



Dr. Orlando Macedo S.
IGP



Ing. Jersy Mariño
INGEMMET



Ing. Armando Miraya
IG-UNSA

COMUNICADO N^{RO} 18
EN RELACION A LA ACTIVIDAD DEL VOLCAN UBINAS
PERIODO DEL 31 DE OCTUBRE 2006 AL 18 DE ENERO 2007

EL INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ (IGP), INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO (INGEMMET), INSTITUTO GEOFÍSICO DE LA UNSA (IG-UNSA), integrantes de la Comisión de Ciencia y Tecnología Ad-Hoc (Oficio Múltiple Nro 3768-2006, INDECI), en relación a la situación actual del volcán Ubinas comunican lo siguiente:

El análisis de los registros sísmicos digitales muestra que durante los meses de Noviembre y Diciembre 2006, la actividad sísmica ha sido muy baja, habiéndose registrado un promedio de 59 MJ (Mega-joules) de energía total emitida por día. Desde el 01 de Enero 2007 hasta la fecha del presente comunicado la actividad sísmica observa un incremento, aunque permanece en niveles bajos. La energía diaria emitida alcanza un promedio de 193 MJ.

En cuanto a las explosiones, éstas han sido escasas. Así, en noviembre no se registró ninguna explosión; en Diciembre hubieron 3 explosiones pequeñas (el día 17 a las 00:51 hrs, con 66 MJ, el día 27 a las 16:09 hrs con 83 MJ y el día 30 a las 17:47 hrs, con 113 MJ). Durante enero, han ocurrido 2 explosiones, todas pequeñas (el día 15 a las 18:22 hrs y el día 17 a las 18:24 hrs) con 122 y 97 MJ respectivamente. Todas las explosiones fueron seguidas de "tremores de emisión" durante varias horas. El día 17 desde las 14:15 hasta las 17:00 hrs se ha registrado fuertes pero discontinuas vibraciones. Estas inusuales vibraciones no corresponden a actividad interna del volcán, sino que estarían asociados a causas externas tales como a lahares (huaycos), es decir a la remoción de material compuesto por cenizas, rocas y sedimentos sobre el volcán, debido a las precipitaciones pluviales que actualmente caen abundantemente en la parte alta del volcán.

Durante Noviembre y Diciembre del 2006 hasta el 15 de Enero del presente año, la actividad fumarólica del volcán Ubinas se ha mantenido en un nivel bajo, similar al registrado desde el mes de Septiembre, aunque con ligeros incrementos esporádicos. Las emisiones de cenizas, gases y vapor de agua alcanzaron alturas promedio del orden de los 500 a 600 m. Sin embargo el día 1 de Noviembre las cenizas y gases alcanzaron alturas más importantes, del orden de 1000 a 1200 m. En el reconocimiento visual del cráter realizado el día 29 de Noviembre, se distinguió un ligero incremento de su profundidad como resultado de la expulsión de la lava emplazada en el fondo del cráter. En Diciembre se produjeron explosiones importantes que fueron sentidas en zonas cercanas al volcán el día 17 (00:51 hrs) y los días 27 (16:09 hrs) y 30 (17:47 hrs); ésta última estuvo acompañada de ruidos y caída de cenizas en dirección SE. Estas explosiones fueron seguidas de emisiones de cenizas y gases que alcanzaron alturas del orden de los 1500 a 2000 m. En el mes de Diciembre las cenizas fueron dispersadas en diferentes direcciones.

Las emisiones de cenizas, gases y vapor de agua durante los primeros 15 días del mes de Enero del 2007, fueron dispersadas preferentemente en dirección S y SE, registrándose leves y esporádicas caídas de cenizas cerca al volcán. Asimismo, el día 15 a las 18:22 hrs, y el día 17 a las 18:24 hrs ocurrieron explosiones ligeramente fuertes acompañadas de ruidos. Las columnas de gases y cenizas alcanzaron entre 1500 y 2000 m de altura.

El análisis geoquímico de las aguas termales muestra que la temperatura de las aguas de la fuente "Ubinas Termal" registradas del 03 de Octubre al 27 de

Noviembre se ha mantenido casi constante en un rango entre 30.3 °C y 30.7 °C. El pH se ha mantenido entre 6.3 y 6.5 durante todo este periodo. Los valores antes mencionados corresponden a niveles similares a los registrados antes del inicio del proceso eruptivo. La composición química de las aguas termales alrededor del volcán no presenta cambios significativos.

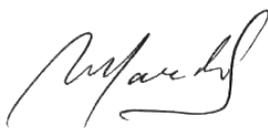
Después del análisis de la información expuesta se concluye que:

- a) Durante los meses de Noviembre y Diciembre 2006 la actividad sísmica asociada a la erupción del volcán Ubinas ha registrado niveles muy bajos, con un promedio de sólo 59 MJ diarios. En Enero 2007, los valores de energía diaria emitida han aumentado hasta un promedio diario de 193 MJ. Sin embargo los niveles de energía continúan correspondiendo a niveles bajos.
- b) Durante el mismo periodo las emisiones de gases y cenizas se han mantenido en niveles bajos similares a los registrados en los meses de Setiembre y Octubre, aunque con incrementos esporádicos de corta duración. Del mismo modo, la temperatura y composición química de las fuentes termales monitoreadas presentan características similares a épocas previas al inicio de la actividad eruptiva.

En base a lo expuesto anteriormente, recomendamos al SIREDECI-Moquegua mantener la alerta "amarilla".

Las instituciones científicas suscritas proseguirán realizando el monitoreo y vigilancia volcánica en forma continua y coordinada, y agradecen el apoyo de otras instituciones como el IRD-Francia, la Universidad de Savoie-Francia, la Universidad de Hawaii-USA, la Universidad Blaise Pascal-Francia, CONIDA, INDECI, Gobierno Regional de Moquegua, la Municipalidad de Ubinas y la Cía Minera Inkabor.

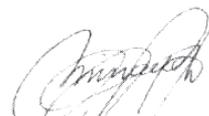
Moquegua, 19 de Enero de 2007.



Dr. Orlando Macedo S.
IGP



Ing. Jersy Mariño
INGEMMET



Ing. Armando Minaya
IG-UNSA

COMUNICADO N° 19

EN RELACION A LA ACTIVIDAD DEL VOLCAN UBINAS PERIODO DEL 19 DE ENERO AL 30 DE MARZO DEL 2007

EL INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ (IGP), INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO (INGEMMET), INSTITUTO GEOFÍSICO DE LA UNSA (IG-UNSA), integrantes de la Comisión de Ciencia y Tecnología Ad-Hoc (Oficio Múltiple Nro 3768-2006, INDEC), en relación a la situación actual del volcán Ubinas comunican lo siguiente:

El análisis de los registros sísmicos digitales muestra que entre el 19 de Enero y el 30 de Marzo, la actividad sísmica ha sido muy baja, habiéndose registrado un promedio de 33 MJ (Mega-joules) de energía total emitida por día. Durante Enero, ocurrió una explosión (102 MJ de energía) el día 24 a las 23:48 hrs. Durante el mes de febrero y las 3 primeras semanas de marzo se ha observado una notoria calma o mínima actividad. Esta calma fue interrumpida el día 23 de marzo cuando ocurrió una muy pequeña explosión (sólo 6 MJ de energía) a las 17:59 hrs y desde entonces se ha observado un incremento moderado en la actividad sísmo-volcánica. En efecto, los días 24, 25, 26, 28 y 29 se ha registrado temores característicos de emisión de fumarolas y ceniza que tuvieron duraciones entre 2 y 17 horas. El día 29 ocurrió una explosión, pequeña, de 187 MJ de energía a las 14:41 hrs, y otra el día 30 a las 6:16 hrs cuya energía liberada fue también de 187 MJ.

Entre el 19 y 31 enero las plumas volcánicas emitidas fueron de color gris blanquecino, que alcanzaron en promedio entre 400 y 600 m de altura sobre el volcán, siendo luego dispersadas al Norte, Noroeste y Este. Esporádicamente, los días 18, 25 y 26 de enero se registraron emisiones importantes de cenizas y gases que ascendieron entre 1000 y 1200 m de altura. Durante el mes de febrero el volcán emitió fumarolas tenues a moderadas de color gris blanquecino, que ascendieron en promedio entre 500 y 800 m de altura, siendo luego dispersadas por los vientos principalmente hacia el Oeste, Noroeste, Sur y Sureste. En el mes de marzo las plumas volcánicas emitidas fueron de color gris. En este mes las plumas de gases y a veces cenizas alcanzaron en promedio entre 400 y 800 m de altura. Los días 11, 13 y entre el 24 al 30 de marzo se generaron columnas de gases y cenizas volcánicas que ascendieron entre 800 y 1200 m. Posterior a las explosiones ocurridas los días 23, 29 y 30 de marzo, se registraron emisiones de cenizas de color gris oscuro, que ascendieron entre 1500 y 2000 m de altura, siendo luego dispersadas al Este y Sureste, produciéndose caídas de cenizas en el valle de Ubinas, donde además se sintieron olores a gases sulfurosos.

La ocurrencia de lluvias fuertes registradas en la zona durante los meses de enero a marzo ha removido las cenizas del suelo y por consiguiente ha originado flujos de lodo (huaycos) esporádicos y de poco volumen, que descendieron por el río Ubinas y quebradas tributarias, ocasionando daños principalmente en las carreteras Logen-Ubinas y Ubinas-Tonohaya-Chachagén. Además, debido a las lluvias ocurridas en la zona durante la última semana, así como las emisiones de cenizas, se han generado caídas de cenizas húmedas en las localidades de Sacohaya, Ubinas y Querapi.

El monitoreo geoquímico de las fuentes termales aledañas al volcán Ubinas registrada en este periodo no muestran variaciones significativas de pH y temperatura.

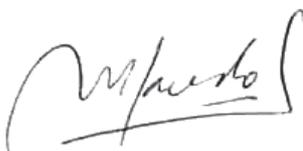
Después del análisis de la información expuesta se concluye que:

- a) Entre el 19 de Enero y el 30 de Marzo 2007 la actividad sísmica asociada a la erupción del volcán Ubinas ha registrado niveles muy bajos, con un promedio de sólo 33 MJ diarios de energía liberada. Durante Enero ocurrió una sola explosión, mientras que durante febrero y las tres primeras semanas de marzo se observó una notoria calma sísmo-volcánica. Sin embargo, desde el 23 de Marzo a la fecha, se ha observado un ligero incremento de la actividad sísmo-volcánica, con algunos días de actividad tremórica y hasta explosiones pequeñas.
- b) Desde el 19 de enero hasta la primera quincena del mes de marzo las emisiones de gases y cenizas se han mantenido en niveles bajos similares a los registrados en los meses de noviembre y diciembre, aunque con incrementos esporádicos de corta duración.
- c) En la última semana de marzo se ha observado un ligero incremento de la actividad volcánica, reflejado en la ocurrencia de hasta tres explosiones pequeñas, y ligero incremento en las emisiones de cenizas luego de las explosiones, que ascendieron entre 1500 y 2000 m de altura. No obstante todo lo anterior, se considera que los niveles de actividad volcánica continúan correspondiendo a niveles bajos.
- d) Durante este periodo, las precipitaciones pluviales han venido erosionando las cenizas lo cual ha originado la formación de flujos de lodo (huaycos) de poco volumen, que han afectado las vías de acceso a los pueblos del valle, canales de regadío, entre otros.

En base a lo expuesto anteriormente, recomendamos al SIREDECI-Moquegua mantener la alerta "amarilla". Asimismo, en vista de la posible contaminación de las aguas durante la presente temporada de lluvias, recomendamos se efectúe el control de la calidad de aguas en el valle de Ubinas.

Las instituciones científicas suscritas proseguirán realizando el monitoreo y vigilancia volcánica en forma continua y coordinada, y agradecen el apoyo de otras instituciones como el IRD-Francia, la Universidad de Savoie-Francia, la Universidad Blaise Pascal-Francia, CONIDA, INDECI, Gobierno Regional de Moquegua, la Municipalidad de Ubinas y la Cía Minera Inkabor.

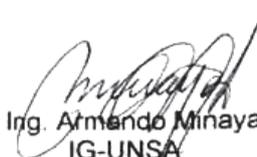
Moquegua, 31 de Marzo del 2007



Dr. Orlando Macedo
IGP



Ing. Jersy Mariño
INGEMMET



Ing. Armando Minaya
IG-UNSA

COMUNICADO N^{RO} 20
EN RELACION A LA ACTIVIDAD DEL VOLCAN UBINAS
PERIODO DEL 31 DE MARZO AL 03 DE JUNIO 2007

EL INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ (IGP), INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO (INGEMMET), INSTITUTO GEOFÍSICO DE LA UNSA (IG-UNSA), integrantes de la Comisión de Ciencia y Tecnología Ad-Hoc (Oficio Múltiple Nro 3768-2006, INDECI), en relación a la situación actual del volcán Ubinas comunican lo siguiente:

El análisis diario de los registros correspondientes al 31 de Marzo - 03 de Junio muestra que la actividad sísmica se ha incrementado paulatinamente respecto a los meses anteriores del presente año. Así, para el mes de Abril se ha registrado un promedio de 179 mega-joules (MJ) de energía diaria emitida, mientras que para el mes de Mayo se registró un promedio de 394 MJ por día. El gráfico de energía diaria ilustra bien lo acontecido.

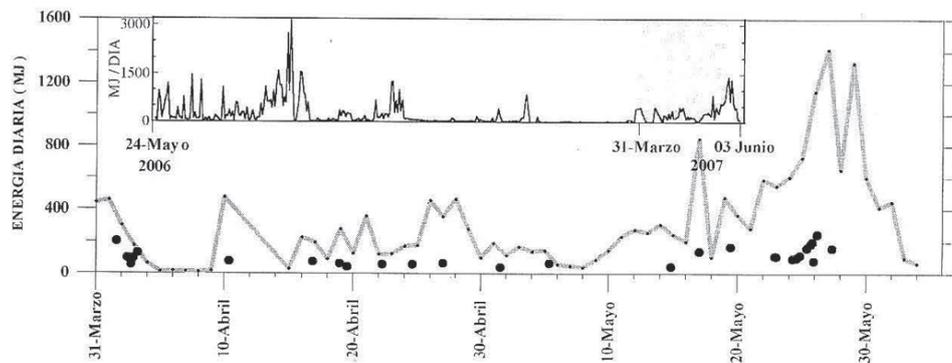


Figura en la que se observa la evolución de la Energía Diaria Acumulada (curva en gris). Los puntos negros corresponden a las explosiones ocurridas y su energía. En el recuadro superior se observa la curva de energía de un año (mayo 2006-mayo 2007) de monitoreo sísmico.

Asimismo, se ha registrado hasta 26 explosiones. Once explosiones ocurrieron en Abril y tuvieron entre 42 y 201 MJ, haciendo un promedio de 87 MJ por explosión. Quince explosiones ocurrieron en Mayo y tuvieron entre 41 y 247 MJ, haciendo un promedio de 128 MJ por explosión.

En cuanto a las emisiones de gases y cenizas, entre el 01 y 24 de abril las columnas eruptivas tuvieron en promedio 600 a 700 m de altura, alcanzando un máximo de 2500 m sobre la cima del volcán (días 16 y 24 de abril). Las explosiones ocurridas los días 01, 02, 03, 10, 14, 15, 16, 18, 19 y 24, generaron plumas volcánicas que se desplazaron entre 35 y 40 km en dirección E y SE del volcán, con excepción del 1 de abril durante el cual la pluma se dispersó a más de 110 km al SE. Gran parte de las cenizas cayeron en el valle de Ubinas.

A partir del 25 de abril hasta el 14 de mayo, las emisiones volcánicas tuvieron en promedio 500 a 600 m de altura. En este periodo también se registraron explosiones como las ocurridas los días 26 de abril, 01, 05 y 14 de mayo, que generaron plumas que se dispersaron preferentemente hacia el SE y NE, a más de 15 km de distancia

El día 15 de mayo a las 8.21 hrs se produjo una explosión, luego del cual se generó una pluma volcánica de gases y cenizas que alcanzó una altura de 2.5 km de altura, luego fue dispersada a más de 30 km al SE, cayendo gran parte en el valle de Ubinas. Desde el 16 de mayo al 03 de junio, las emisiones volcánicas se tornaron frecuentes y sostenidas, observándose así, columnas eruptivas que alcanzaron entre 500 y 1000 m de altura sobre la cima del volcán. Las explosiones ocurridas durante los días 15, 16, 19, 22, 24, 25 y 27 de mayo, generaron plumas que se dispersaron entre 30 y 50 km de distancia del volcán, preferentemente en dirección E y SE; excepto los días 19 y 26 de mayo, durante el cual las plumas se desplazaron hasta una distancia de 110 y 125 km, respectivamente, al Este del volcán.

El monitoreo geoquímico de las fuentes de aguas termales aledañas al volcán Ubinas registrada en este periodo no muestra cambios significativos en el pH, conductividad y temperatura.

Después del análisis de la información expuesta se concluye que:

- a) La actividad sísmica se ha incrementado paulatinamente durante Abril y Mayo y sobre todo en las últimas semanas. Asimismo, el número de explosiones aumentó respecto de los meses anteriores. Toda esta actividad indica el ascenso de masas magmáticas en mayor volumen en comparación con los últimos meses, aunque menor que en Agosto 2006 (mes de la mayor actividad hasta ahora registrada)
- b) Las plumas de cenizas más importantes registradas en este periodo ocurrieron los días 1 de abril, 19 y 26 de mayo, que alcanzaron distancias de más de 110 km del volcán en dirección E y SE. Por otro lado, no se ha observado cambios significativos en la geoquímica de las fuentes termales.

En base a lo expuesto anteriormente, recomendamos al SIREDECI-Moquegua mantener la alerta "amarilla", disponiendo además continuar realizando ejercicios de evacuación.

Las instituciones científicas suscritas proseguirán realizando el monitoreo y vigilancia volcánica en forma continua y coordinada, y agradecen el apoyo de otras instituciones como el IRD-Francia, la Universidad de Savoie-Francia, la Universidad de Hawai-USA, la Universidad Blaise Pascal-Francia, CONIDA, INDECI, Gobierno Regional de Moquegua, la Municipalidad de Ubinas y la Cía Minera Inkabor.

Moquegua, 04 de Junio de 2007.



Dr. Orlando Macedo S.
IGP



Ing. Jersy Mariño
INGEMMET



Ing. Armando Minaya
IG-UNSA

COMUNICADO N^{RO} 21
EN RELACION A LA ACTIVIDAD DEL VOLCAN UBINAS
Julio 2007 – 24 de Enero 2008

EL INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ (IGP), INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO (INGEMMET), INSTITUTO GEOFÍSICO DE LA UNSA (IG-UNSA), integrantes de la Comisión de Ciencia y Tecnología Ad-Hoc (Oficio Múltiple Nro 3768-2006, INDECI), en relación a la situación actual del volcán Ubinas comunican lo siguiente:

El análisis de los registros sísmicos de los últimos meses muestra poca actividad asociada al proceso eruptivo; sin embargo, con la llegada de la época de lluvias se ha observado un ligero incremento de la actividad en las últimas semanas. Así, lo más relevante durante el mes de enero ha sido un aumento en la ocurrencia de sismos LP y sobre todo de temblores volcánicos, particularmente los días 03, 08, 09 y 10 de enero en que los temblores tuvieron duraciones de 33, 60, 50 y 47 minutos. Asimismo, en varias oportunidades se ha escuchado detonaciones audibles a varios kilómetros como consecuencia de explosiones muy débiles, llamadas exhalaciones, que ocurrieron a nivel del cráter. Estas exhalaciones ocurrieron en el mes de diciembre los días 06, 14, 20 y 21; en lo que va de enero tuvieron lugar los días 05 (dos), 06, 07 (uno cada día) y el 08 (dos). Sin embargo, el día 23 último ocurrió una explosión a las 12:52 Hrs., que tuvo una energía de 39 MJ. Por tanto, se puede concluir que la actividad sismo-volcánica se mantiene débil en general, aún cuando en los últimos días se ha observado un ligero incremento.

En cuanto a las emisiones de fumarolas y cenizas durante los meses de julio a diciembre, se ha observado actividad relativamente baja; es decir, emisiones que por lo general alcanzaron alturas entre 400-600 m sobre la cima del volcán, con algunas manifestaciones moderadas donde las columnas llegaron hasta los 900-1600 m de altura, principalmente en los meses de noviembre y diciembre. Sin embargo, entre el 01 y 14 de enero las cenizas y gases se elevaron en promedio 900 a 1000 m de altura y fueron dispersadas preferentemente en dirección SO y S. Pero luego de las explosiones registradas en este mes, se ha observado columnas fumarólicas de 1500-3000 m de altura, visibles desde gran distancia.

El monitoreo geoquímico de la fuente "Ubinas Termal", muestra muy pequeñas variaciones de la temperatura (aprox. 0.5°C) la cual presenta tendencia al descenso desde diciembre 2007 a enero 2008 con valores próximos a 29.65°C. Similar a la temperatura, el pH y la conductividad presentaron ligera disminución, coincidiendo con la temporada de lluvias propias de la estación.

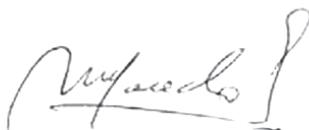
Durante las últimas semanas vienen registrándose intensas precipitaciones en el área del volcán Ubinas, lo que ha generado caídas de cenizas húmedas y lluvias ácidas, reportadas principalmente en la zona de Querapi. Si la contaminación del agua debido a la presencia de estas cenizas es persistente e importante, podría generar que dicha contaminación se extienda al nivel de las aguas de acequias, manantiales, quebradas o ríos, y perjudicar la actividad agrícola. Otro fenómeno que viene presentándose es la formación de flujos de lodo (huaycos), principalmente por la remoción de ceniza acumulada durante el año. Hasta hoy se ha registrado flujos de lodo de poco volumen, pero si las precipitaciones se incrementan estos flujos de lodo pueden originar daños importantes a su paso.

En base a lo expuesto anteriormente, recomendamos al SIREDECI-Moquegua lo siguiente:

- 1.- Realizar el control de calidad de aguas de acequias, manantiales, quebradas y ríos, a fin de detectar posibles niveles de contaminación debido a lluvias ácidas.
- 2.- Evaluar los efectos de las caídas de ceniza sobre los pobladores, la actividad ganadera y agrícola, principalmente dentro de un radio de 5 km alrededor del volcán, en cuya zona se ha producido un mayor volumen de caídas de ceniza.
- 3.- Implementar medidas preventivas frente a la ocurrencia de flujos de lodo (huaycos) a lo largo de las principales quebradas y ríos del valle de Ubinas.
- 4.- Mantener la alerta "amarilla", disponiendo además tener siempre presente los ejercicios de evacuación.

Las instituciones científicas suscritas proseguirán realizando el monitoreo y vigilancia volcánica en forma continua y coordinada.

Moquegua, 24 de enero del 2008



Dr. Orlando Macedo S.
IGP



Ing. Jersy Mariño Salazar
INGEMMET



Ing. Armando Miraya
IG-UNSA

COMUNICADO N^{RO} 22**EN RELACIÓN A LA ACTIVIDAD DEL VOLCÁN UBINAS
Febrero – Abril 2008**

EL INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ (IGP), INSTITUTO GEOLÓGICO MINERO Y METALÚRGICO (INGEMMET), INSTITUTO GEOFÍSICO DE LA UNSA (IG-UNSA), integrantes de la Comisión de Ciencia y Tecnología Ad-Hoc (Oficio Múltiple Nro 3768-2006, INDECI), en relación a la situación actual del volcán Ubinas comunican lo siguiente:

El análisis de los registros sísmicos de los últimos meses del año 2007 y enero 2008 muestra poca actividad sismovolcánica en general. Sin embargo, desde Febrero se ha observado un cierto incremento de la actividad, reflejado en la frecuente ocurrencia de sismos de tipo LP asociados a movimiento de fluidos y magma. Así, en Febrero se registro un promedio de energía diaria de 25 MJ (mega joules) para dichos LPs, mientras en Marzo ascendió a 36 MJ, y hasta los 15 primeros días de Abril se observa un promedio de 53 MJ diarios. Por otro lado desde el 16 de Abril se observa, además, que la duración de los eventos LP también se ha incrementado, pasando de 30 segundos a 50-60 segundos, y que la energía promedio de dichos eventos continúa en ascenso, habiendo alcanzado un máximo de 273 MJ para el día 20 de Abril. Finalmente, el día 21 de Abril a las 14:46 hrs, ha ocurrido una explosión pequeña (89 MJ de energía). No ha habido otras explosiones pero los sismos LP que se están registrando corresponden a muy fuertes "exhalaciones", asociadas al arribo de magma que luego es expelido como ceniza y gases en importantes volúmenes.

En cuanto a las emisiones de fumarolas y cenizas. Durante el mes de febrero se ha observado actividad relativamente baja, es decir emisiones de gases y cenizas de color gris claro a gris oscuro que alcanzaron alturas entre 200 a 600 m sobre la cima del volcán y eventualmente hasta entre 800 - 1000 m de altura (ocurridos los días 3, 8, 14 de febrero), y hasta 2000 m el 29 de febrero, durante el cual las cenizas viajaron a más de 15 km del volcán preferente al Norte y Oeste del volcán. En marzo, durante el 1 al 10 de marzo las cenizas emitidas eventualmente alcanzaron alturas de hasta 1000 m. Durante los siguientes días la actividad descendió ligeramente, registrándose cenizas y gases que alcanzaron entre 400 – 800 m de altura y posteriormente fueron dispersados al Norte, Oeste y Este. Este tipo de actividad continuó entre el 1 al 9 de abril, en este tiempo los gases y cenizas ascienden entre 400 – 600 para luego ser dispersadas al Noreste, Este, Sureste. Posteriormente, a partir del 10 de abril las cenizas ascienden hasta 1000 m de altura, y del 15 al 21 de abril se viene produciendo un ligero incremento de la actividad, caracterizada por la continua emisión de cenizas a manera de pulsos. En esta época las columnas de cenizas se elevaron entre 800 a 1600 m de altura y fueron dispersadas preferentemente en dirección Suroeste y Sur, cayendo gran parte en el valle de Ubinas afectando a la población, y contaminando fuentes de agua y terrenos de cultivo.

En estos últimos tres meses, solo se ha observado una leve explosión, que ha sido seguida de emisiones de cenizas, lo cual sugiere un conducto volcánico abierto donde ocurre un continuo o frecuente arribo de material magmático profundo, que es fragmentado de manera importante y luego expulsado en forma de cenizas tal como es sugerido por el análisis de la actividad sísmica.

El monitoreo geoquímico de la fuente termal "Ubinas Termal", ubicado a 7 km al pie del flanco sur del volcán Ubinas muestra muy pequeñas variaciones de temperatura (aprox. 0.5°C) con tendencia al descenso entre febrero-abril 2008, de 29.7 a 29.5°C. Esta ligera tendencia a la baja es también observada en la temperatura, el pH y la conductividad de las aguas termales. Estas características pueden ser debidas al mayor ingreso de aguas de lluvias al interior del volcán.

En base a lo expuesto anteriormente, recomendamos al SIREDECI-Moquegua lo siguiente:

- 1.- Solicitar a las instituciones nacionales encargadas de realizar el control de calidad de aguas de regadío y aguas de consumo humano a fin de detectar posibles niveles de contaminación debido a la frecuente caída de cenizas registrada en la última semana.
- 2.- Solicitar a los Sectores Salud y Agricultura evaluar los efectos de las caídas de ceniza sobre los pobladores, la ganadería y cultivos, principalmente dentro de un radio de 6 km alrededor del volcán, que involucra el poblado de Querapi y Ubinas en donde se ha registrado un mayor volumen de caídas de ceniza durante la última semana.
- 3.- Mantener la alerta "amarilla", disponiendo además tener siempre presente los procedimientos de evacuación en caso que la actividad incremente.

Las instituciones científicas suscritas proseguirán realizando el monitoreo y vigilancia volcánica visual e instrumental en forma continua y coordinada.

Moquegua, 22 de Abril de 2008



Dr. Orlando Macedo S.
IGP



Geol. Marco Rivera Porras
INGEMMET



Ing. Armando Minaya
IG-UNSA

SÍNTESIS DEL PLAN DE CONTINGENCIA

El documento inicial del Plan de Contingencia fue elaborado por el INDECI, el cual fue posteriormente mejorado por el Sistema Regional de Defensa Civil de Moquegua (SIREDECI-Moquegua), con activa participación del INGEMMET, PREDES y el IGP. Este documento, denominado también Plan de Contingencia N.º 01-2006 (Berolatti *et al.*, 2006), se culminó el día 22 de mayo del año 2006. A continuación se presenta un resumen de dicho documento.

FINALIDAD, OBJETIVOS Y BASE LEGAL

La finalidad del Plan del Contingencia es establecer las fases, tareas y responsabilidades, y los procedimientos de coordinación, alerta, movilización y respuesta ante el incremento de la actividad eruptiva del volcán Ubinas.

El objetivo general es disponer las acciones del SIREDECI-Moquegua, orientadas a la reducción del riesgo y protección de la población y sus bienes, de los efectos que puedan producirse como consecuencia de la erupción del volcán Ubinas.

Los objetivos específicos del Plan de Contingencia son los siguientes:

- Establecer el permanente monitoreo de la actividad volcánica para determinar los niveles de peligro y las acciones de prevención y respuesta.

- Organizar la oportuna evacuación de la población a las zonas de albergue fuera del área de influencia del volcán.
- Establecer las acciones a realizar a fin de facilitar la evacuación de la zona de influencia del volcán.
- Reducir los efectos sobre la salud de las personas y animales en la zona afectada.
- Mantener el orden, la autoridad y los servicios asistenciales en la población en riesgo.
- Fortalecer las relaciones sociales y económicas de la población a ser reubicada, bajo nuevas y mejores condiciones de seguridad.
- Lograr la reducción significativa del riesgo a la vida mediante la reubicación definitiva de las poblaciones más expuestas a la influencia del volcán Ubinas.

ANTECEDENTES

a) Centros poblados localizados en áreas de influencia del volcán Ubinas

A continuación se presentan datos censales de población y vivienda de áreas que pueden ser afectadas por la actividad eruptiva del volcán Ubinas con varios escenarios:

Tabla 1
Población que puede ser afectada por caídas de cenizas y piedras pómez

Ubicación		Nro. de Localidades	Cantidad de Personas	Cantidad de Hogares	Cantidad de Viviendas
Región	Arequipa	76	1.232	398	675
Provincia	Arequipa	76	1.232	398	675
Región	San Juan de Tarucani	76	1.232	398	675
Región	Moquegua	174	13.850	3.982	4.907
Provincia	Gral. Sánchez Cerro	174	13.850	3.982	4.907
Región	Omate	8	493	183	190
Región	Chojata	16	1.636	508	555
Región	Coalaque	9	924	253	361
Región	Ichuña	66	3.000	721	1.383
Región	Lloque	13	1.173	237	251
Región	Matalaque	21	1.301	397	422
Región	Ubinas	27	3.987	1.310	1.334
Región	Yunga	14	1.336	373	411
Total:		250	15.082	4.380	5.582

Fuente: INEI – Censo X de Población y V de Vivienda del 2005

Tabla 2
Población que puede ser afectada por flujos piroclásticos y de avalanchas de escombros y flujos de barro

Ubicación		Nro. De Localidades	Cantidad de Personas	Cantidad de Hogares	Cantidad de Viviendas
Región	Arequipa	2	21	4	5
Provincia	Arequipa	2	21	4	5
Distrito	San Juan de Tarucani	2	21	4	5
Región	Moquegua	53	6.309	1.904	1.995
Provincia	Gral. Sánchez Cerro	53	6.309	1.904	1.995
Distrito	Chojata	11	1.606	499	545
Distrito	Lloque	4	1.057	193	198
Distrito	Matalaque	21	1.301	397	422
Distrito	Ubinas	17	2.345	815	830
Total:		55	6.330	1.908	2.000

Fuente: INEI – Censo X de Población y V de Vivienda del 2005

Tabla 3
Población que puede ser afectada por caída de cenizas en caso de erupciones explosivas con IEV menor o igual a 4

Ubicación		Nro. Localidades	Cantidad de Personas	Cantidad de Hogares	Cantidad de Viviendas
Región	Arequipa	7	41	12	15
Provincia	Arequipa	7	41	12	15
Región	San Juan de Tarucani	7	41	12	15
Región	Moquegua	18	2.284	798	809
Provincia	Gral. Sánchez Cerro	18	2.284	798	809
Distrito	Matalaque	2	73	21	21
Distrito	Ubinas	16	2.211	777	788
Total:		25	2.325	810	824

Fuente: INEI – Censo X de Población y V de Vivienda del 2005

Tabla 4
Población que puede ser afectada por caída de cenizas en caso de erupciones freatomagmáticas (IEV mayor o igual a 4)

Ubicación		Nro. Localidades	Cantidad de Personas	Cantidad de Hogares	Cantidad de Viviendas
Región	Arequipa	59	1.120	362	626
Provincia	Arequipa	59	1.120	362	626
Distrito	San Juan de Tarucani	59	1.120	362	626
Región	Moquegua	91	7.953	2.280	2.487
Provincia	Gral. Sánchez Cerro	91	7.953	2.280	2.487
Distrito	Chojata	15	1.635	507	554
Distrito	Coalaque	5	280	73	102
Distrito	Ichuña	9	77	19	53
Distrito	Lloque	11	1.152	225	239
Distrito	Matalaque	19	1.228	376	401
Distrito	Omate	7	469	174	181
Distrito	Ubinas	11	1.776	533	546
Distrito	Yunga	14	1.336	373	411
Total:		150	9.073	2.642	3.113

Fuente: INEI – Censo X de Población y V de Vivienda del 2005

Población total en riesgo

Dentro de un radio de 14 km del volcán viven 2325 habitantes (810 familias); y dentro de un radio de 45 km del volcán, 9073 habitantes (2642 familias).

Población pecuaria en riesgo

En la tabla 1.3, se muestran detalles de la población pecuaria en riesgo, conformada principalmente por vacunos, ovinos, alpacas,

llamas y equinos, que en total suman cerca de 150 mil animales.

MATRIZ DE ESCENARIO, ALERTA Y ACCIONES

En esta matriz se presentan las acciones que se tienen que adoptar en función de la evolución del proceso eruptivo, referidos con el Índice de Explosividad Volcánica (IEV).

CONCEPTO DE LA OPERACIÓN**Matriz de escenario, alertas y acciones**

Escenario	Descripción de la ocurrencia	Alerta	Nivel	IEV	Tiempo probable de erupción	Acciones
I	Condiciones estables. Emanaciones de gases mayoritariamente vapor de agua. Actividad sísmica de baja intensidad	Verde		0	Años o meses	Acciones de planeamiento: Identificar zonas de riesgo. Inventario de Medios y recursos humanos y materiales. Preparación Plan de Contingencia. Impulsar como política de desarrollo urbano zona no habitada en un radio de 7 km alrededor del volcán (art. 50 de la Ley 27867). Comisión Científica y Tecnológica monitorea actividad por intermedio de sus instituciones. Capacitar a la población. Simulacros.
	Actividad sísmica local inusual. Incremento de la emanación de fumarolas con presencia de cenizas y gases. Casi imperceptible deformación en la superficie.	Amarilla		1	Meses o Semanas	Centro de Operaciones de Emergencia y Comisión Científica y Tecnológica en sesión permanente. Constituir Comité Científico Técnico Ad-Hoc para monitoreo volcánico. Monitoreo de condiciones ambientales, recursos hídricos y naturales en la zona contigua al volcán Monitoreo indicadores de salud y salubridad de la población asentada en la zona contigua al volcán. Monitoreo indicadores agrarios y pecuarios por organismos competentes. Revisión y activación del Plan de Contingencia. Verificar censo poblacional y efectuar empadronamiento de habitantes (familias), viviendas y población pecuaria en áreas de peligro. Preparar la evacuación de pobladores y población pecuaria en un radio de 14 km alrededor del volcán. Habilitación y permanente mantenimiento de vías de evacuación. Selección y habilitación de zonas de albergues, incluyendo puertos y helipuertos. Verificar disponibilidad de personal y material para posible evacuación. Acopio logístico por Instituciones. Establecer sistemas de comunicación y alerta.

Escenario	Descripción de la ocurrencia	Alerta	Nivel	IEV	Tiempo probable de erupción	Acciones
II	Aumento significativo de actividad volcánica con presencia de cenizas, precipitaciones ácidas y expulsión de piroclastos de un diámetro menor a 20 cm.	Naranja	1	1-2	Semanas o días	Evacuación de pobladores y población pecuaria en un radio de 14 km alrededor del volcán. Preparar la Evacuación de pobladores, población pecuaria en un radio de 45 km alrededor del volcán. Verificar, evaluar las rutas de evacuación. Implementar puertos y helipuertos. Establecer albergues y rutas de evacuación. Brindar atención médica y ayuda humanitaria a la población. Difusión y orientación a la población sobre situación. Habilitar zonas de albergue temporales. Permanente comunicación y monitoreo de la zona. Evacuación de pobladores, población pecuaria en un radio de 45 km alrededor del volcán. Atenciones de emergencia en tránsitos. Sostenimiento de albergues. Monitoreo de la actividad volcánica y sus efectos.
III	Actividad volcánica crítica con presencia de intensos y prolongados temores. Peligro inminente de erupción explosiva con expulsión de piroclastos de un diámetro mayor a 20 cm, flujo de lava. Presencia de cenizas, precipitaciones ácidas a gran distancia .	Roja	2	3-4	Días u horas	Mantenimiento de zona de exclusión de pobladores y población pecuaria en un radio de 45 km alrededor del volcán y monitoreo de zona de riesgo potencial en un radio entre 50 y 100 km alrededor del cráter del volcán. Monitoreo de la actividad volcánica y sus efectos.

El Plan de Contingencia se desarrollará en 5 fases: preparación de evacuación, evacuación y establecimiento, sostenibilidad en los albergues, reubicación definitiva en áreas fuera de las zonas de peligro, repliegue y evaluación.

El paso de una fase a la siguiente será dispuesto por el Presidente(a) del Comité Regional de Defensa Civil de Moquegua (CRDCM), sobre la base de las recomendaciones emitidas por el Comité Científico, respecto a la evolución de la actividad del volcán Ubinas. Los escenarios descritos implican un nivel creciente de peligro y determinarán el tiempo disponible para ejecutar las acciones, especialmente la evacuación de la población de las zonas de peligro. Para tal efecto, se ha establecido la Matriz de Escenarios, Alertas y Acciones.

El Presidente del Gobierno Regional de Moquegua (GRM), en su calidad de Presidente del Comité Regional de Defensa Civil de Moquegua (CRDCM), conducirá el Sistema Regional de Defensa Civil de Moquegua (SIREDECI-Moquegua), de acuerdo a los lineamientos establecidos por el INDECI, en el contexto del Sistema Nacional de Defensa Civil (SINADECI).

Los alcaldes provinciales y distritales, en su calidad de presidentes de los comités provinciales y distritales de Defensa Civil, respectivamente, conducirán el SIREDECI-Moquegua de acuerdo a los lineamientos establecidos por el INDECI, en el contexto del SINADECI.

La participación de las ONG y ENIEX será coordinada con el SIREDECI-Moquegua y los Gobiernos locales, a fin de programar el alcance y ámbito de sus intervenciones, conforme se indica:

- Las entidades internacionales (ENIEX) y los organismos no gubernamentales (ONG) participan con sus recursos humanos especializados y logística en apoyo del SIREDECI-Moquegua y de las municipalidades involucradas en el marco del SINADECI, integrando sus esfuerzos al interior de los comités de Defensa Civil, regional, provincial, distritales y comunales, coordinando acciones con el INDECI.
- Se realizan acciones de asesoría en las etapas de prevención y preparación.

- Se realiza el seguimiento de las acciones de respuesta a fin de complementar con recursos logísticos y/o donaciones para la atención de las zonas afectadas o en riesgo.
- Las acciones proyectadas de las ONG están orientadas prioritariamente aparte de las acciones de preparación, a participar en proyectos de reubicación en zonas seguras, principalmente en el rubro de vivienda, saneamiento, ayuda logística en apoyo de los sectores y recuperación de la capacidad productiva de la población.

Las acciones por peligro inminente y los proyectos de atención de emergencia y rehabilitación deberán ser elaborados con sus correspondientes fichas técnicas y presentados por las entidades de los tres niveles de Gobierno, de acuerdo a los procedimientos establecidos en las Directivas N.º 002 y N.º 005-2005 EF para ser atendidos con recursos de la línea de crédito otorgada por el Banco de la Nación a favor de INDECI, aprobados por la Comisión Multisectorial de Prevención y Atención de Desastres.

A continuación se explican las distintas fases del Plan de Contingencia:

Fase I. Preparación de evacuación (alerta amarilla)

Esta fase comprende todas las acciones que se deben realizar para facilitar la evacuación de las poblaciones en riesgo y la preparación de los albergues a donde serán evacuados, y finaliza cuando se disponga la evacuación de los poblados. Se deberá tener especial atención en las condiciones de alojamiento, abrigo y atención de los pobladores con mayor vulnerabilidad como ancianos, gestantes y lactantes, niños y minusválidos. Se les asignaron los alojamientos ubicados en las áreas mejor protegidas. Se requieren tomar las siguientes acciones:

- Establecimiento, rehabilitación y/o acondicionamiento de rutas de evacuación y retorno para cada poblado.
- Empadronamiento de la población a ser evacuada, su composición por grupos de edad y sexo, tomando especial atención en los grupos vulnerables.
- Acondicionamiento de albergues temporales, incluyendo aspectos sanitarios, de salubridad, seguridad, comunicaciones, logística y otros.
- Acopio de la ayuda humanitaria en los almacenes del Comité Comunal de DC.
- Preparación del Plan de Evacuación.
- Sensibilización de la población, susceptible a ser evacuada e implementación de simulacros.
- Preparación de cobertizos para evacuación de la población pecuaria.

- Establecer un servicio de vigilancia y seguridad con personal PNP, FF.AA. y las comisiones de Ley y Orden de las comunidades afectadas.

Fase II. Evacuación y establecimiento (alerta naranja o roja)

Esta fase se encuentra en desarrollo desde la emisión de la orden de evacuación, dada por el Presidente del CRDCM, y finaliza cuando se haya completado el establecimiento de los pobladores en el albergue. Comprende las siguientes acciones:

- Embarque de los pobladores según el programa establecido.
- Desplazamiento por las rutas establecidas.
- Desembarque de la población y asignación de alojamiento temporal.
- Organización de la población albergada.
- Organización de los cobertizos que albergan la población pecuaria.

Fase III. Sostenibilidad en los albergues

Esta fase se iniciará al completarse el establecimiento y organización inicial de la población evacuada, en los albergues y finaliza cuando se disponga el retorno de los pobladores a sus lugares de origen. Comprende las siguientes acciones:

- Sostenimiento de la población albergada y de la población pecuaria, según protocolo de albergues (INDECI, MIMDES, MINSA).
- Ejecución de actividades que tiendan a reiniciar la vida cotidiana de la población.
- Establecimiento de los programas Trabajo Comunitario y Alimentos por Trabajo.
- Acciones de rehabilitación de los poblados que pueden volver a ser ocupados.

Fase IV. Reubicación posterior a áreas fuera de peligro

Esta fase se iniciará con orden del Presidente del CRDC-Moquegua, cuando el Comité Científico indique el restablecimiento de las condiciones normales de actividad volcánica y finaliza al completarse el retorno de los pobladores a su reubicación definitiva fuera de la zona de peligro del volcán Ubinas. Tentativamente se han previsto las reubicaciones definitivas de las poblaciones Santa Rosa de Para y San Carlos de Titi hacia Santa Lucía. Posteriormente se deberá realizar una evaluación detallada a fin de determinar qué poblados requieren ser reubicados de manera definitiva ante el alto riesgo volcánico, así como establecer los programas que garanticen una adecuada reubicación.

Fase V. Repliegue y evaluación

Al término de la intervención de cada organismo involucrado en la emergencia del volcán Ubinas, se dispondrá el repliegue de los recursos humanos y materiales movilizados.

TAREAS DE LAS COMISIONES DEL CRDCM -MOQUEGUA

Las tareas de las distintas comisiones del CRDCM-Moquegua se pueden leer en Berolatti *et al.* (2006). A continuación se resumen solo las tareas de la Comisión de Ciencia y Tecnología:

- Evaluará las recomendaciones del Comité Científico Técnico Ad Hoc, integrado por representantes del INGEMMET, el IGP e IG-UNSA.
- Emitirá los comunicados técnicos oficiales que correspondan a las recomendaciones del Comité Científico Técnico.
- Mantendrá vigilancia visual sistemática de fumarolas que registre el volcán Ubinas, así como el monitoreo instrumental permanente, con métodos sísmicos, geoquímicos y geodésicos. De ser necesario se emitirán las alertas que permitan asumir las medidas preventivas establecidas en el presente plan.
- Recomendará al Presidente del Gobierno Regional de Moquegua los cambios en los niveles de alerta.

REQUERIMIENTOS DE APOYO FORMULADOS POR EL GOBIERNO REGIONAL DE MOQUEGUA A LOS SECTORES EN EL ÁMBITO NACIONAL

Requerimientos al Ministerio de Defensa

Se requiere que la Región Militar del Sur:

- Proporcione el apoyo de personal, material y equipo disponible, a fin de participar en las tareas de prevención, transporte, evacuación; y mantenimiento y rehabilitación de vías.
- Realice acciones cívicas que coadyugen al reforzamiento de los asentamientos temporales que se establezcan.

Requerimientos al Ministerio de Agricultura

Se requiere que el sector disponga:

- Evaluación de daños ocasionados por el proceso eruptivo del volcán Ubinas.
- Apoyo a los damnificados, mediante maquinaria agrícola para la recuperación de infraestructura agrícola y de riego.
- Formule el Plan de Contingencia para un uso racional de los recursos naturales.

- Capacite a las organizaciones agropecuarias para planificar y ejecutar actividades de prevención para una efectiva restauración ambiental.
- Atienda la adjudicación de insumos agrícolas, pecuario, como alimento para ganado, medicina, semillas, etc.
- Disponga que las OPD adscritas a dicho ministerio implementen acciones de su competencia, detallado en el Plan de Contingencia (Berolatti *et al.*, 2006).

Requerimientos al Ministerio de Educación:

Se requiere que el sector disponga:

- La identificación de instituciones educativas que recibirán a los niños y niñas que sean reubicados.
- La implementación de comedores escolares, ya que muchas familias se han quedado sin animales ni cosecha para alimentarse.
- La implementación de aulas, materiales educativos y servicios higiénicos, para atender a la población educativa afectada.
- La capacitación de las comisiones de Defensa Civil de las instituciones educativas.
- Implementar el Plan de Protección, Seguridad y Evacuación de cada una de las instituciones educativas en coordinación con la DRE-Moquegua.

Requerimientos al Ministerio de la Mujer y Desarrollo Social

Se requiere que el sector atienda con alimentos y cocinas comunitarias, a la población damnificada ubicada en los albergues.

Requerimientos al Ministerio de Salud

Se requiere que el sector disponga:

- Desarrollar acciones dirigidas a reducir el riesgo de daños a la salud de las personas y funcionamiento de los servicios de salud.
- Adecuar las capacidades de respuesta de los servicios de salud en función al riesgo de daños a la salud de la población y el ambiente.
- Supervisar las condiciones de salubridad del ambiente y de los albergues temporales.

Requerimientos al Ministerio de Energía y Minas

Se requiere que el sector disponga:

- Revisar los planes de contingencia de las empresas mineras que se encuentran en el área de emergencia.
- Garantizar la continuidad de los servicios de energía eléctrica en aquellas poblaciones que cuentan con dicho servicio y puedan ser reubicadas.

Requerimientos al Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Se requiere que el sector determine las vías que deben ser mejoradas o rehabilitadas, para la implementación de los procesos de evacuación. De acuerdo a lo coordinado con el MTC, se determinó trabajar en tres frentes:

Para evacuación por Arequipa:

Frente de Trabajo N.º 1: Ruta Vecinal Logen-Pocón (20,3 km.), a cargo del Gobierno Regional de Moquegua y de la Municipalidad Distrital de Ubinas.

Frente de Trabajo N.º 2: Ruta Vecinal 576: Carretera Pocón-Anascapa (15 km.), a cargo de PROVIAS DEPARTAMENTAL-MTC.

Frente de Trabajo N.º 3: Ruta Nacional 30 A: Carretera Chiguata-Ichocolla (desvío a Ubinas), km. 22-65 de la Ruta Arequipa-Div. Ichocolla (43.0 Km.), a cargo de PROVIAS NACIONAL (MTC).

Requerimientos al Ministerio del Interior

Se requiere que el sector disponga:

- Brindar seguridad para un desplazamiento ordenado de la población, así como en el traslado, almacenamiento y

distribución de los recursos logísticos y ayuda humanitaria que lleguen a la zona afectada

- Otorgar seguridad en los albergues y/o refugios temporales establecidos en la zona de emergencia, así como del patrimonio público y privado.

INSTRUCCIONES DE COORDINACIÓN

Las coordinaciones para la articulación de acciones entre las instituciones que conforman el SIREDECI-Moquegua se efectuarán en las comisiones establecidas, las cuales se encuentran descritas en el Manual de Conocimientos Básicos para Comités de Defensa Civil.

El INDECI coordinará con el Ministerio de RR. EE., respecto a los requerimientos de apoyo externo que sean necesarios.

ADMINISTRACIÓN Y LOGÍSTICA

Las acciones por peligro inminente y los proyectos de atención de emergencia y rehabilitación deberán ser elaborados con sus correspondientes fichas técnicas y presentados por las entidades de los tres niveles de Gobierno, de acuerdo a los procedimientos establecidos en las Directivas N.º 002 y N.º 005-2005 EF.

COMANDO Y COMUNICACIONES

El comando es asumido por el Presidente Regional de Moquegua, el cual preside el Comité Regional de Defensa Civil y de su Centro de Operaciones de Emergencia Regional (COER).

Las comunicaciones sociales se efectuarán de acuerdo a los anexos: Plan Regional de Comunicación, Red de Comunicaciones Regional y Otras Redes de Comunicación (Berolatti *et al.*, 2006).

SÍNTESIS DEL PLAN DE EVACUACIÓN

INTRODUCCIÓN

El Plan de Evacuación ante erupción del volcán Ubinas ha sido elaborado por el CRDCM, con la asesoría del INDECI, OXFAM, PREDES y el INGEMMET. Para su formulación se han recogido las propuestas de líderes comunales y de los comités comunales de defensa civil de Querapi, Tonohaya, Sacohaya, Anascapa, Escacha, San Miguel, Huatagua y Huarina, y del Comité Distrital de Defensa Civil de Ubinas.

El propósito de este Plan de Evacuación es organizar de manera técnica el proceso de evacuación de la población que puede ser afectada debido al incremento de la actividad eruptiva del volcán Ubinas.

La autoridad competente encargada de elaborar, actualizar e implementar el Plan de Evacuación es el CRDCM. A continuación se describen los aspectos más resaltantes del Plan de Evacuación, los detalles pueden leerse en Berolatti *et al.* (2006).

NIVELES DE VULNERABILIDAD ANTE LA ERUPCIÓN DEL VOLCÁN UBINAS

Está basado en el Mapa de Peligros del Volcán Ubinas (figura 2.4):

Nivel I: Querapi, ubicado dentro de un radio de 4 km, donde han caído cenizas con un espesor de 4 m, avalanchas de escombros y rocas.

Nivel II: Sacohaya, Tonohaya, San Miguel, Huatagua y Huarina por el flanco sur. Por el lado noroeste, San Carlos de Tite, Santa Rosa de Phara. Por los antecedentes de erupciones volcánicas entre los 4 y 20 km se han emplazado caídas de cenizas y pómez de hasta 1 m de espesor.

Nivel III: Ubinas, Escacha por el flanco sur este; por el norte, sur y sur oeste, Cancosani, Santa Lucia de Salinas, San Juan de Tarucani, Quinsachata, Chaclaya, la Yunta, Patti, Querala, Torata, Yalagua, Lucco, Lloque, Coroise, Chojata y Pachas y comunidades de Matalaque. Por los antecedentes de erupciones anteriores en un radio hasta los 38 km se ha producido caídas de cenizas de hasta 25 cm de espesor.

ESCENARIOS DE RIESGO

Las comunidades y pueblos antes descritos están expuestos al peligro volcánico mostrado en el mapa de peligros elaborado por el INGEMMET (figura 2.4). Sepueden presentar tres escenarios de riesgo:

- Que solamente se produzca emisión de gases y cenizas por semanas o meses que caen en un radio hasta los 10 km de distancia del cráter. Dependiendo de la dirección del viento, podrían ser afectadas las comunidades del nivel I.
- Que se produzca una erupción volcánica con todas sus manifestaciones cuando el volcán no se encuentra con nieve. Podrían ser afectadas las comunidades del nivel II y III.
- Que se produzca una erupción volcánica con todas sus manifestaciones cuando el volcán se encuentra cubierto de nieve. Este escenario es el peor, ya que una mezcla de piroclastos, gases, escombros y nieve formaría flujos de barro (lahares) que se desplazarían por los flancos del volcán hacia el valle. Podrían ser afectadas comunidades del nivel II, más conocido como sector sur.

PUNTOS CRÍTICOS, ZONAS DE REFUGIO, RUTAS Y VÍAS DE EVACUACIÓN

a) Puntos críticos

Para los efectos del presente plan se han considerado, como puntos críticos, los niveles de vulnerabilidad I, II, III y los escenarios de riesgo 1, 2, 3. Pueden ser afectadas personas, animales, terrenos de cultivos, infraestructura de riego, viviendas y locales públicos.

Del 26 de abril al 5 de mayo de 2006, el COER-Moquegua, en coordinación con el MINDES, la Defensoría del Pueblo, el INEI y la Municipalidad Distrital de Ubinas, implementó el empadronamiento de la zona afectada. Dicho empadronamiento arrojó en total 3559 pobladores que podían ser afectados directamente ante el incremento del proceso eruptivo (tabla 1.2). De acuerdo a dicho empadronamiento se estableció que en la etapa 1 serían evacuadas 154 personas; en la etapa 1b,

121 personas; en la etapa 2, se evacuarán a 1356 personas; y en la etapa 3, a 917 personas (tablas 5, 6, 7 y 8).

Tabla 5
Población ubicada en la zona de riesgo que fuera evacuada en la etapa 1

N.º	Centros poblados	Familias	Población total
1	Querapi	45	154
	Total	45	154

Tabla 6
Población ubicada en la zona de riesgo que será evacuada en la etapa 1b

N.º	Centros poblados	Familias	Población total
1	San Carlos de Tite	24	71
2	Santa Rosa de Phara	21	50
	Total	45	121

Tabla 7
Población ubicada en la zona de riesgo que será evacuada en la etapa 2

N.º	Centros poblados	Familias	Población total
1	Tonohaya	108	243
2	San Miguel	52	153
3	Huatagua	53	166
4	Ubinas	229	679
5	Escacha	45	115
	Total	487	1.356

Tabla 8
Población ubicada en la zona de riesgo que será evacuada en la etapa 3

N.º	Centros poblados	Familias	Población total
1	Huarina	58	176
2	Sacohaya	97	300
3	Anascapa	128	287
4	Querapi (evacuados en Anascapa)	45	154
	Total	328	917

b) Rutas y vías de evacuación

Las rutas o vías de evacuación son aquellas que la población localizada en zonas de peligro debe utilizar para llegar a la zona de refugio en el menor tiempo posible. Estas deben tener accesos libres de obstáculos y estar previamente establecidas y señalizadas. Por lo general, son las carreteras, trochas, caminos de herradura o peatonales. Las rutas de evacuación fueron establecidas por el CRDCM con el asesoramiento del INGEMMET y se muestra en la figura 1, del presente Anexo.

Los pobladores de San Carlos de Tite y Santa Rosa de Phara deben seguir la carretera afirmada que conduce a Santa Lucía de Salinas.

Inicialmente se consideró como una alternativa para los pobladores de Tonohaya, Huarina y San Miguel, utilizar los caminos de herraduras hasta las zonas de la carretera Anascapa-Sacoaya. Luego, desde la carretera tomar la ruta Anascapa-Chacchagén.

Luego que el tramo Huarina-Chacchagén fuera habilitado por el Ejército, se utilizó esta vía carrozable para evacuar a los pobladores de Ubinas, Tonohaya, San Miguel y Escacha hacia el refugio de Chacchagén.

CONDICIONES Y ETAPAS DE LA EVACUACIÓN

a) Condiciones de las etapas de evacuación

Para la evacuación de la etapa 1, se requiere un Índice de Explosividad Volcánica (IEV) 1, con Alerta Amarilla.

Para la evacuación de la etapa 2, se requiere un IEV 2 a 3, también en caso se detecte un proceso de deformación en el flanco sur del volcán Ubinas y se pase a la Alerta Naranja.

Para la evacuación de la etapa 3, se requiere un IEV mayor a 3, también en caso se detecte un proceso de deformación en el flanco sur del volcán Ubinas y se pase a Alerta Naranja o Roja.

b) Centros poblados a evacuar en cada una de las etapas

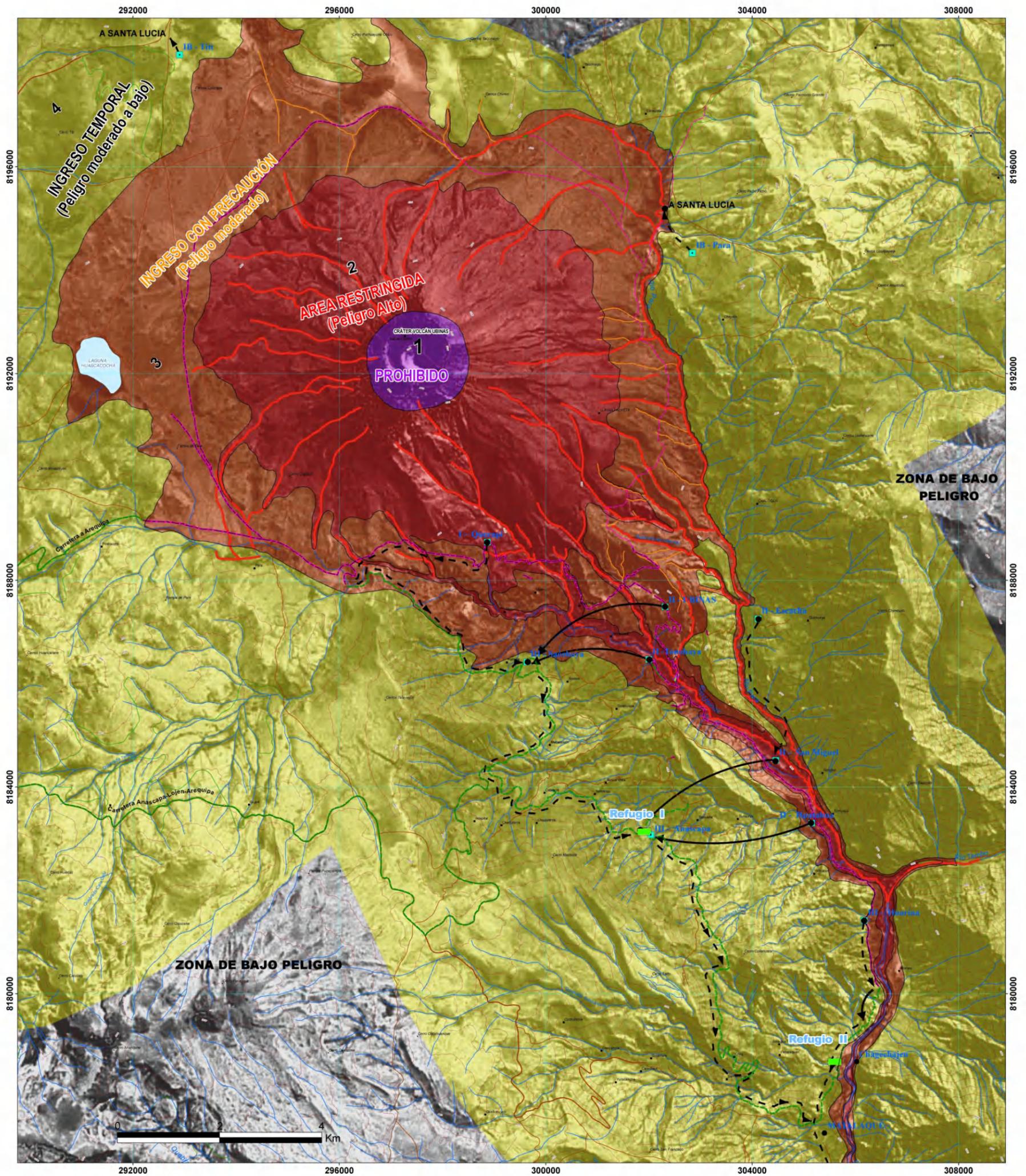
Está basado en el Mapa Administrativo elaborado por el CRDCM, con asesoramiento del INGEMMET (figura 1, del Anexo).

En la etapa 1, se evacuará a los pobladores de Querapi al refugio ubicado en Anascapa.

En la etapa 1b, se deberá evacuar a los pobladores de San Carlos de Tite y Santa Rosa de Phara, hacia Santa Lucía de Salinas.

En la etapa 2, se deberá evacuar a los pobladores de Tonohaya, San Miguel, Ubinas, Escacha y Huatagua, hacia el refugio de Chacchagén.

MAPA DE RUTAS DE EVACUACIÓN Y SITIOS DE REFUGIO ANTE UNA POSIBLE ERUPCIÓN DEL VOLCÁN UBINAS



OBJETIVO

Este es un mapa que muestra posibles rutas de evacuación y zonas de refugio ante una eventual erupción del volcán Ubinas, diseñado para ser usado por las autoridades del sistema Regional de Defensa Civil de Moquegua, autoridades locales y la población en general.

BASES PARA SU ELABORACION

Este mapa fue elaborado en base a la información Geológica-volcanológica disponible del volcán Ubinas; así mismo considera los elementos vulnerables y zonas peligrosas en caso de una erupción cuyo escenario es moderado (erupción vulcaniana), durante el cual se podría generar una columna eruptiva entre 5 y 10 km de altura.

• Los límites de grado de peligro son válidos solo para un evento vulcanario, que es el más probable al producirse la erupción.

- Zona que sería afectada severamente por nubes incandescentes (flujos piroclásticos), huaycos (lahares) avalancha de escombros, flujos de lava, y fuertes caídas de ceniza.
 - Zona que sería afectada moderadamente por nubes incandescentes (flujos piroclásticos), huaycos (lahares), flujos de lava y caídas de ceniza.
 - Zona que podría ser afectada por caídas de ceniza de acuerdo a la dirección actual de vientos.
 - Caldera del volcán
 - I, II, III Poblados vulnerables
 - Refugios temporales
 - Carreteras vulnerables
 - Carreteras transitables
 - Caminos transitables
 - Caminos vulnerables
- Rutas de escape ó evacuación:
- - - Caminos de evacuación
- - - Carretera de evacuación
- PRIORIDAD DE EVACUACIÓN**
- FASE I** QUERAPI Titi y Para
FASE II UBINAS, ESCACHA, TONOHAYA SAN MIGUEL Y HUATAHUA.
FASE III HUARINA, SACOAYA, ANASCAPA Y REFUGIO I



Fotografía de Ubinas ubicada a 6 Km del cráter del volcán, (2000 habitantes en el área de influencia del volcán).

BIBLIOGRAFIA
 Rivera M. (1998) El volcán Ubinas (sur del Perú): geología, historia eruptiva y evaluación de las amenazas volcánicas actuales. Tesis Universidad Mayor de San Marcos, 123 p.
 Rivera M., Thouret JC, Courgeon A (1998). Ubinas: el volcán más activo del Perú desde 1550. Geología y evaluación de las amenazas volcánicas. Bol. Soc. Geol. Perú 88: 53 - 71.
 Rivera M. (2000) Génesis et évolution pétrologique des magmas émis au cours de l'histoire eruptive récent du volcán Ubinas (Pérou méridional): contribution à l'évaluation des aléas éruptifs. DEA. Université Blaise Pascal, Clermont-Fd. France, 61p.
 Simkin T, Siebert L. (1994). Volcanoes of the world - A regional directory, gazetteer and chronology of volcanism during the last 10,000 years. 2^e edn. Global Volcanism Program, Smithsonian Institution, Washington, DC, pp 348.
 Thouret JC, Rivera M, Warner G, Gerbe MC, Frizola A, Fornary M, Gonzales K. (2005). Ubinas: The evolution of the historically most active volcano in southern Peru. Bull. Volcanol 67: 557 - 589.

Figura 1

En la etapa 3, se deberá evacuar a los pobladores de Huarina y Anascapa (incluyendo a los refugiados de Querapi, hacia Chacchagén).

ZONAS DE ALBERGUE

Se han identificado dos albergues, el primero en Anascapa y el segundo en Chacchagén, este último en el distrito de Matalaque. Estos albergues han sido previamente identificados y tienen condiciones mínimas para albergar a las familias evacuadas.

Zona de albergue 1: Anascapa

Está localizado a 15 km del cráter del volcán Ubinas, se encuentra en el nivel de riesgo II albergaría a los pobladores de Querapi.

Zona de albergue 2: Chacchagén

Se ha determinado esta zona por encontrarse en un área de bajo peligro, tiene vía de acceso, se encuentra a 1.5 km del poblado de Matalaque, por lo tanto se encuentra próximo a los servicios de salud y educación ya instalados. El pueblo de Matalaque cuenta con acceso a las comunicaciones de teléfono, internet, radio, televisión, radio de comunicación HF interconectado con la REDCOM-Moquegua, así como pequeñas tiendas para el abastecimiento de abarrotes.

Chacchagén se halla a una altura aproximada de 2,300 msnm., tiene un clima cálido, y un área aproximada de 5 ha, que con movimiento de tierras se puede llegar hasta 6 ha. Según el Protocolo de Instalación de Albergues, es necesario contar con un mínimo de 3 ha por cada mil personas, tendríamos un requerimiento aproximado de 5.3 ha, por lo tanto la zona ubicada podría albergar adecuadamente a los pobladores que se evacuarían en las etapas 2 y 3.

Se cuenta con un punto de captación de agua para consumo humano, ubicado a 3 km de distancia, el aforo de dicha fuente es de 32 litros por minuto. En relación a la luz, esta tendría que llevarse desde Matalaque. Finalmente, se cuenta con plataformas bajas, próximas al río Tambo que permitirían ubicar a los animales que serían evacuados.

Zona de albergue 3: Santa Lucía de Salinas

Esta zona se encuentra en el nivel de vulnerabilidad III. Allí se podría albergar a las familias de las comunidades de San Carlos de Tite y Santa Rosa de Phara.

OPERATIVIDAD DEL PLAN DE EVACUACIÓN

Para el funcionamiento del Plan de Evacuación es necesario tener en cuenta las distintas responsabilidades y competencias, como se muestra en la Figura 2. También hay que considerar el número de vehículos que se utilizarán y el número de personas que se evacuarán en cada poblado y en cada fase (Berolatti *et al.*, 2006).

Otros aspectos a tener en cuenta son:

Comunicación entre los responsables del proceso de evacuación

Para mantener una comunicación fluida entre los responsables del proceso de evacuación, de la población ubicada en la zona de riesgo y las zonas de albergue, se hará uso de equipo de radio HF mediante la frecuencia 8.292.0 USB ó la 6.937.5 LSB de la REDCOM-Moquegua regional. Durante el desplazamiento de las comunidades por las rutas de evacuación, se mantendrá comunicación por medio de transistores portátiles del CRDCM.

Transporte para el proceso de evacuación

Es necesario el uso de medios de transporte como camiones y camionetas a fin de trasladar a las familias hacia los centros de refugios establecidos. Los vehículos a usarse son del Ejército Peruano, Comité Provincial de Defensa Civil de Sánchez Cerro, Comité Distrital de Defensa Civil de Ubinas, así como de las municipalidades de Lloque y Chojata y finalmente camiones del Gobierno Regional de Moquegua y el Ministerio de Transportes (MTC) de ser necesario.

Como segunda opción en caso se tenga que evacuar a pie se usará acémilas de las mismas familias, subiendo los cerros por los caminos de herraduras existentes entre las comunidades de la zona baja (Ubinas, Tonohaya, Escacha, San Miguel, Huatagua y Huarina) dirigiéndose hacia la carretera de Matalaque. En puntos de embarque los camiones esperarán para trasladar finalmente a las familias al albergue de Chacchagén.

Control de las fuerzas que van a participar en la evacuación

El Coordinador del Plan de Evacuación es el Comisario de Ubinas. La institución responsable del proceso de evacuación es la Policía Nacional del Perú, con la participación de la comisión de ley y orden tanto del distrito como de las comunidades.

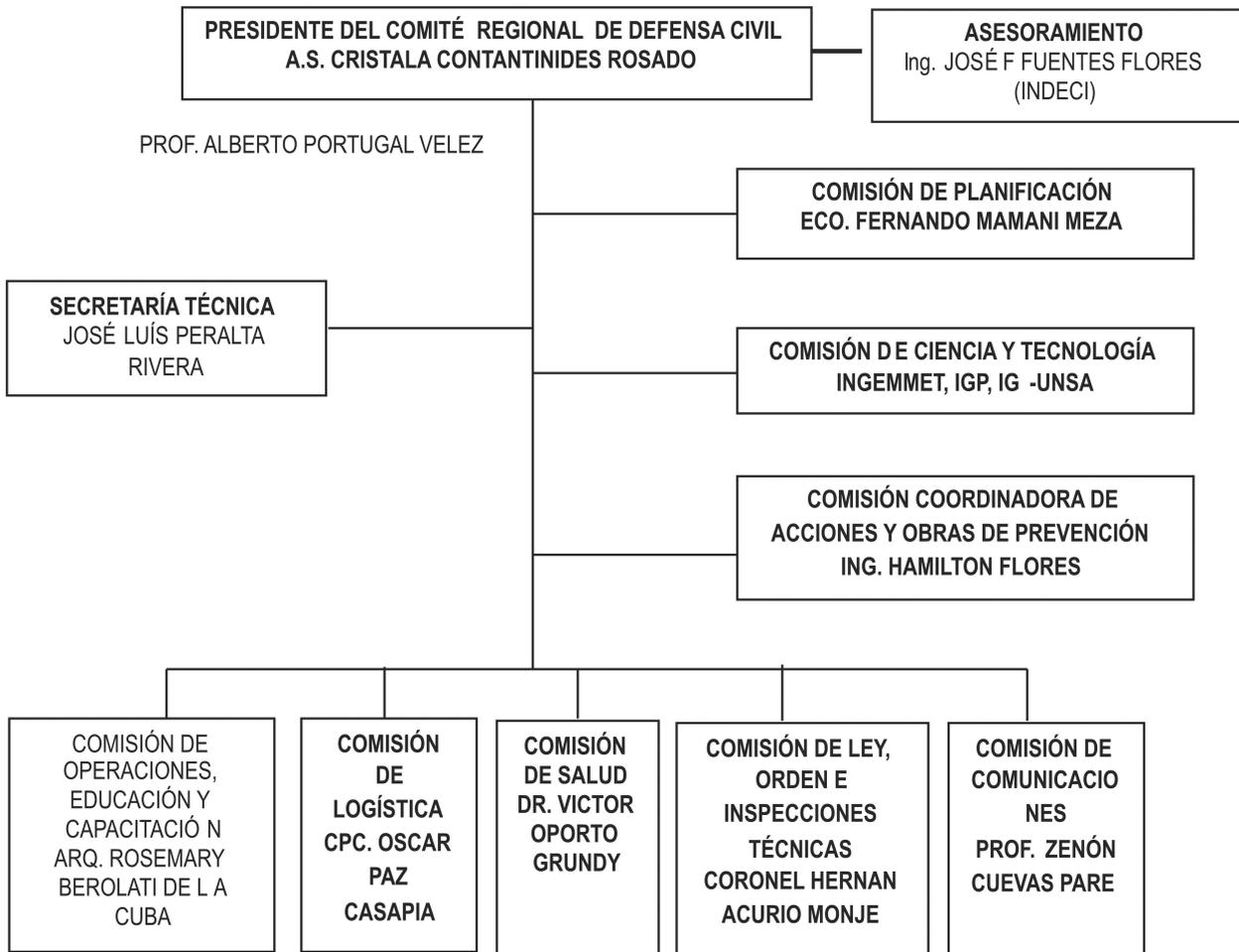


Figura 2 Organigrama que muestra responsabilidades y competencias para ejecutar el Plan de Evacuación.

Equipamiento para el personal encargado de la evacuación

Equipo / materiales	Cantidad
Chalecos (6 por comunidad)	54
Gorros (6 por comunidad)	54
Megáfonos (1 por comunidad)	10
Tableros (4 por comunidad)	40
Linternas halógenas de largo alcance para vigilancia	20
Con Pilas, (2 por comunidad)	
Botiquines equipados (2 por comunidad)	10
Pizarras Acrílicas (1 por comunidad)	10
Plumones Acrílicos (3 por comunidad)	30
Papelotes (20 por comunidad)	200
Plumones (4 por comunidad)	40
Cinta Makingtape (1 por comunidad)	10
Folders (3 por comunidad)	30

Equipamiento para el personal encargado de la evacuación

Al personal encargado de las labores del Plan de Evacuación, para hacer su trabajo durante el proceso de evacuación, la ONG PREDES les ha suministrado un «kit» de apoyo consistente en:

METODOLOGÍA DEL PROCESO DE EVACUACIÓN ACORDADO CON LAS COMUNIDADES

Se acordó aplicar la siguiente metodología para ejecutar el Plan de Evacuación:

Monitoreo del volcán Ubinas

Responsable: Comité Científico

Con el uso de instrumentos el Comité Científico realiza el monitoreo del volcán Ubinas durante las 24 horas del día. Ante cualquier aumento o descenso de la actividad volcánica, el Comité Científico saca comunicados y RECOMIENDA al PRESIDENTE del CRDCM el cambio de ALERTA.

Sistema de aviso a las comunidades

La comisión de comunicaciones del COER alerta al COED y esta alerta a los CCDC del cambio de alerta por medio de radio de onda fija HF, y en caso de urgencia por medio de la radio municipal de Ubinas.

Sistema de alerta a las familias de la comunidad y al CCDC

Al recibir el aviso cualquier miembro del CCDC, de preferencia el Presidente del Comité o presidente de la comisión de comunicaciones, tocan la campana de la iglesia con un toque discontinuo por el tiempo de 1 minuto. Las familias tienen media hora para prepararse (alstando maleta con documentos importantes, frazadas, mudas de ropa, agua, linterna, radio a pilas entre otras cosas, haciendo uso de burros o caballos los alistan para el traslado) y deben concentrarse en la plaza de la comunidad.

Ejecución del Plan de Evacuación

Luego de reunidos en la plaza, la comisión de operaciones pasa lista de acuerdo al padrón actualizado.

Una brigada integrante de la Comisión de Operaciones, se concentran antes que la comunidad y se trasladan al punto de embarque localizado en Anascapa o Sacohaya, en este lugar se embarcarían en carros con destino al punto de refugio y al llegar al refugio procederán a armar las carpas o módulos de las familias de su comunidad.

En la comunidad se inicia el proceso de evacuación, la Comisión

de Ley y Orden es la responsable de guiar a las familias por las rutas de evacuación (figura 1):

- Tonohaya con dirección a Anascapa.
- San Miguel por la ruta de Alea hasta llegar a Anascapa.
- Huatagua por la ruta de la quebrada hasta llegar a Anascapa.
- Huarina por la ruta de Ánimas hasta llegar a Chacchagen en caso aun no esté habilitada la carretera.
- Escacha por la ruta peatonal hacia San Miguel y llegando por el camino peatonal de la quebrada y llegando a Anascapa.
- Ubinas por la ruta peatonal, cruzando el puente, pasando por Sacohaya Antigua y llegando a Sacohaya.

El destino de esta primera fase son los puntos de embarque establecidos.

En la ruta de evacuación los demás integrantes de las comisiones apoyan a la Comisión de Ley y Orden en el traslado de las familias evacuadas, la Comisión de Salud se traslada con materiales de auxilios como botiquines, camillas, sogas a fin que si algún poblador tiene un accidente en el camino rápidamente es auxiliado.

Al llegar a los puntos de embarque deben esperar su traslado al refugio. Llegado los camiones deben subir a estos en orden, preferiblemente por familias, a fin que se mantenga este eje social existente.

ACCIONES A TENER EN CUENTA EN EL REFUGIO

Es deseable que en el refugio se hayan instalado carpas, antes de la llegada de los evacuados. Las personas serán distribuidas por familias en cada carpa o módulo.

En el refugio las funciones de cada comisión son las siguientes:

Comisión de Operaciones

Mantener padrones actualizados, apoyar en el suministro de agua a las familias y velar por cualquier necesidad que tengan las familias.

Comisión de Logística

Gestionar requerimientos que le haga la Comisión de Operaciones, apoyar el desembarque de ayuda humanitaria, suministro de ayuda humanitaria y preparación de la olla común que se organiza en el refugio.

Comisión de Salud

Garantizar el control de la calidad del agua, control de excretas, residuos sólidos, avenamiento (aguas estancadas). Promover

la salud preventiva de las familias y promover la higiene en las cocinas.

Comisión de Comunicaciones

Mantener informada a la comunidad sobre las acciones que se vienen adoptando.

Comisión de Ley y Orden

Elaborar el plan de seguridad del refugio, mantener la disciplina y darle seguimiento a los maltratos que se produzcan en las familias. Realizar la vigilancia para dar seguridad a los bienes de la comunidad en sus lugares de origen.

RELACIÓN DE MAPAS E ILUSTRACIONES

Mapa escala 1:25,000

Mapa Mapa de peligros del volcán Ubinas.

Figuras

- Figura 1.1** 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 del Perú.
- Figura 1.2** Imagen satelital ASTER que muestra emisiones de ceniza de poco volumen del volcán Ubinas, poblados aledaños al volcán, así como las principales vías de acceso.
- Figura 1.3** Mapa geológico del volcán Ubinas.
- Figura 1.4** Secuencia de flujos de pómez y cenizas emplazadas al pie del poblado de Sacohaya.
- Figura 1.5** Secuencia de caída de tefras que aflora en la zona de Sacohaya.
- Figura 1.6** Secuencia piroclástica visible en el Sector de Corohuayo (6,5 km al este del Ubinas), en el cual se distingue el depósito de caída pliniana de hace 980 años que cubre delgados niveles de cenizas grises.
- Figura 1.7** Mapa de PE sobre el piso de la caldera del volcán Ubinas, en base a mediciones realizadas en julio de 1997. No se observan anomalías importantes, los valores de PE son apenas superiores al nivel del ruido (Macedo, 1998; Macedo *et al.*, 2002).
- Figura 1.8** Ejemplo de súbito incremento en el débito de gases fumarólicos en el volcán Ubinas. La totalidad de la caldera puede ser llenada en pocas decenas de minutos (Macedo, 23 de julio de 1997).
- Figura 1.9** Mapa de Zoneación de Gradientes PE/Altitud en el Volcán Ubinas (Gonzales, 2001).
- Figura 1.10** Distribución de la sismicidad del volcán Ubinas, registrado entre marzo y abril del 1998 (Macedo *et al.*, 2002; Taipe, 2008)
- Figura 1.11** Ubicación de los puntos de mayor concentración de CO₂ (valores en color rojo) en la caldera del volcán Ubinas (Gonzales, 2001; Macedo *et al.*, 2002)
- Figura 1.12** Diagrama ternario Cl, SO₄ y HCO₃ para las aguas de fuentes termales asociadas al volcán Ubinas (Gonzales, 2001; Macedo *et al.*, 2002)
- Figura 1.13** Modelo estructural del edificio y de circulación de fluidos en el volcán Ubinas, estimado a partir de los datos de PE, térmicos y de sismicidad (Gonzales, 2001; Macedo *et al.*, 2002)
- Figura 1.14** En primer plano, pueblo de Ubinas, situado a 6 km del volcán del mismo nombre. Al inicio del proceso eruptivo, tuvo una población aproximada de 679 personas.
- Figura 1.15** Pueblo de Tonohaya, emplazado en la margen derecha del río Ubinas, a menos de 30 m de altura del cauce de dicho río. Al inicio del proceso eruptivo, tuvo una población aproximada de 243 personas.
- Figura 1.16** En el extremo izquierdo, el pueblo de San Miguel, y a la derecha, San Miguel Pueblo Viejo, situados en las márgenes izquierda y derecha del río Ubinas. Ambos pueblos se encuentran a 9 km al SE del cráter del volcán Ubinas y al inicio de la erupción poseían en total 166 habitantes. También pueden observarse áreas de cultivo que se desarrollan en andenes ubicados en el valle.

- Figura 1.17** Centro poblado menor Querapi, el más cercano al volcán Ubinas, ubicado a menos de 4 km al SE de dicho volcán. Durante el inicio de la erupción poseía una población de 154 personas.
- Figura 1.18** A: Elaboración del diagnóstico de riesgo en el distrito de Ubinas. Los pobladores identificaron el peligro que representa el volcán Ubinas para los pueblos aledaños. B: Detalle del mapa de ubicación del volcán Ubinas en relación a las poblaciones y ríos más importantes.
- Figura 1.19** Concurso de dibujo con escolares del pueblo de Ubinas.
- Figura 1.20** Afiche sobre la gestión del riesgo volcánico.
- Figura 1.21** Afiche sobre el simulacro de evacuación, realizado el 22 de septiembre de 2005 en el pueblo de Ubinas.
- Figura 2.1** Depósitos de avalanchas de escombros emplazados en el sector de Querapi, debido al colapso del flanco sur del volcán Ubinas. El flanco sur posee una elevada pendiente ($>50^\circ$), así como rocas bastante fracturadas e hidrotermalizadas.
- Figura 2.2** Depósitos de flujos de lavas en el flanco SO del volcán Ubinas. Los flujos de lava poseen corto recorrido, alcanzaron a lo sumo entre 4 y 5 km de distancia del cráter.
- Figura 2.3** Emisión de gases volcánicos, registrada el 30 de abril de 2006. Están constituidos principalmente por vapor de agua, CO_2 , SO_2 , entre otros.
- Figura 2.4** Mapa de peligros del volcán Ubinas, construido para un escenario bajo a moderado, de tipo vulcaniano o Saint Vincent (Mariño *et al.*, 2006).
- Figura 3.1** Campamento base del INGEMMET desde donde se efectuó el monitoreo visual, así como otros trabajos geológicos y de monitoreo, entre abril y noviembre del año 2006.
- Figura 3.2** Parámetros de referencia considerados en el monitoreo visual del volcán Ubinas.
- Figura 3.3** Foto del volcán Ubinas y localidad de Ubinas. Se muestra también la escala aproximada utilizada para medir la altura de las fumarolas (tomado de Mariño *et al.*, 2006).
- Figura 3.4** Foto del observador haciendo el reporte del monitoreo visual a la oficina del INGEMMET en Arequipa mediante un teléfono satelital.
- Figura 3.5** Ejemplo de la base de datos del monitoreo visual y su respectiva publicación en la página web de INGEMMET, correspondiente a los primeros 15 días de abril de 2006.
- Figura 3.6** Fumarola del volcán Ubinas, de aproximadamente 400 m de altura. La foto fue tomada en noviembre de 2005, desde el volcán Misti, situado a 50 km de distancia (tomado de Mariño *et al.*, 2006).
- Figura 3.7** Gráfica de altura y coloración de las fumarolas correspondiente al periodo septiembre a diciembre de 2005. No se reportó explosiones en este periodo.
- Figura 3.8** Direcciones de desplazamientos preferentes de las fumarolas de septiembre a diciembre de 2005 (modificado de Cruz, 2006). Las fumarolas fueron desplazadas por el viento principalmente en direcciones norte y oeste, en menor medida hacia el este.
- Figura 3.9** Fotografías tomadas el día 31 de marzo de 2006: (a) caldera del volcán Ubinas, cubierto por cenizas de color blanquecino; (b) emisiones de cenizas y gases de poca densidad, provenientes de 3 ventos; (c) plantaciones de alfalfa cubiertas por restos de ceniza muy fina, ubicadas a 4 km al sureste del cráter del volcán Ubinas.
- Figura 3.10** Foto del cuerpo de lava observada en el fondo del cráter del volcán Ubinas el día 19 de abril de 2006.
- Figura 3.11** Columna eruptiva de ceniza y gases (columna vertical) formada después de la explosión del día 20 de abril a las 11:00 h.
- Figura 3.12** Emisión de ceniza y gases del volcán Ubinas, registrada el 22 de abril de 2006 a las 14:10 h.
- Figura 3.13** Explosión moderada a fuerte ocurrida el 7 de mayo a las 20:55 h. Se pudieron observar emisiones de proyectiles balísticos incandescentes (tomado de Clegg, 2006).

- Figura 3.14** (a) Bomba volcánica de 2 m de diámetro, eyectado a 200 m del cráter durante las explosiones ocurridas el 22 de mayo de 2006. El cráter de impacto posee más de 7 m de diámetro y 3 m de profundidad. (b) Vista en detalle de un proyectil balístico, se observa una capa superficial más densa y una zona interna escoriácea.
- Figura 3.15** Columna eruptiva de gases y cenizas del 1 de junio de 2006, registrado desde el pueblo de Ubinas. Las cenizas alcanzaron más de 1000 m de altura, fueron dispersadas en dirección sureste y cayeron sobre los pueblos del valle de Ubinas.
- Figura 3.16** Emisión de gases y cenizas del 3 de junio de 2006. Las cenizas fueron dispersadas en dirección sur y sureste, y cayeron sobre los pueblos del valle de Ubinas.
- Figura 3.17** Columna eruptiva de hasta 3000 m de altura, formada luego de la explosión del 24 de junio (07:54 h).
- Figura 3.18** Imagen GOES que muestra el desplazamiento de la pluma volcánica en dirección NNE, hasta 47 km de distancia, luego de la explosión del 30 de junio de 2006 (04:20 h). La imagen fue captada a las 09:31 h.
- Figura 3.19** Columna eruptiva de ceniza y gases, formada después de la explosión del 18 de julio (08:19 h).
- Figura 3.20** Imágenes GOES obtenidas después de la ocurrencia de la explosión del 14 de julio (03:55 h). Desplazamiento en dirección SO hasta una distancia de 61 km a las 08:31 h.
- Figura 3.21** Imagen del satélite ASTER del 16 de agosto de 2006. Se muestra la pluma volcánica siendo dispersada por el viento en dirección noreste.
- Figura 3.22** Columna eruptiva conformada por ceniza y gases, de más de 1500 m de altura, originada luego de la explosión del 25 de agosto (10:00 h).
- Figura 3.23** Imagen satelital GOES obtenida después de la explosión del 31 de agosto (05:11 h). La pluma volcánica se desplazó en dirección noreste hasta cerca de 80 km del cráter.
- Figura 3.24** Foto de las emisiones de ceniza y gases de color blanquecino, obtenida el 6 de septiembre de 2006.
- Figura 3.25** Foto de la columna eruptiva formada después de la explosión del 30 de diciembre de 2006.
- Figura 3.26** Gráfica que muestra la altura y coloración de las columnas eruptivas, así como las explosiones correspondiente al periodo de enero a diciembre de 2006.
- Figura 3.27** Desplazamientos preferentes de la pluma volcánica expresado en porcentaje, durante 2006.
- Figura 3.28** Columna eruptiva gris claro, registrada el 13 de enero de 2007. La parte superior del edificio volcánico se encuentra cubierta por nieve, como consecuencia de las intensas precipitaciones.
- Figura 3.29** Columna eruptiva de ceniza y gases, formada poco después de la explosión del 2 de febrero de 2007. Dicha columna alcanzó cerca de 1000 m de altura.
- Figura 3.30** Fotografía de la llegada de una «ola» o frente de avance durante el lahar generado el 17 de enero de 2007 en el río Ubinas. Tuvo poco volumen, arrastró bloques de lava de 1 a 2 m y afectó algunas áreas de cultivo, así como causó la interrupción de las carreteras por algunos días (foto cortesía de J. Acosta).
- Figura 3.31** Columna eruptiva de ceniza y gases formada después de la explosión del 16 de abril de 2007, que alcanzó hasta 2500 m de altura sobre el cráter.
- Figura 3.32** Imagen satelital GOES del desplazamiento de la pluma volcánica, luego de la explosión del 26 de julio de 2007 (01:25 h). La pluma se desplazó en dirección sureste, alcanzando una distancia de 49 km a las 07:45 h.
- Figura 3.33** Gráfica que muestra la altura y coloración de la pluma volcánica, así como el número de explosiones, correspondiente al periodo de enero a diciembre de 2007.
- Figura 3.34** Porcentaje de desplazamiento preferente de la pluma volcánica durante el año 2007
- Figura 3.35** Columna eruptiva de ceniza y gases formada después de la explosión del 8 de enero de 2008 (06:01 h). La columna eruptiva de ceniza y gases alcanzó una altura de 3000 m.
- Figura 3.36** Columna eruptiva formada poco después de la explosión ocurrida el 23 de abril de 2007, a las 07:07 h. La columna eruptiva alcanzó 2200 m de altura y se desplazó en dirección suroeste.

- Figura 3.37** Imagen GOES que muestra el desplazamiento de la pluma volcánica después de la explosión del 23 de abril de 2008. La pluma se desplazó en dirección sureste y alcanzó una distancia de 38 km a las 08:31 h.
- Figura 3.38** Altura de la columna eruptiva, coloración de las fumarolas y número de explosiones correspondientes a 2008.
- Figura 3.39** Porcentaje de desplazamiento de la pluma volcánica durante 2008. La pluma fue dispersada preferentemente hacia el noreste, suroeste y este.
- Figura 3.40** Ubicación de la red de estaciones sísmicas en el volcán Ubinas. Triángulos= estación permanente, telemétrica, 1 Hz; Cuadrados= estaciones portátiles de banda ancha.
- Figura 3.41** Diagrama de energía para el registro del 21-26 abril. (a): Señal no filtrada. (b): Frecuencias > 1Hz. (c): Frecuencias < 1Hz, correspondientes al ruido oceánico.
- Figura 3.42** Principales tipos de eventos sísmicos registrados durante la erupción del volcán Ubinas (formas de onda y espectrogramas): (A) Explosión. (B) LP. (C) VT. (D) Tremor.
- Figura 3.43** Estadística de los tipos de eventos sísmicos registrados en el volcán Ubinas durante el proceso eruptivo. LP: sismo de tipo periodo largo, VT: volcano-tectónico, TRE: tremor, HIB: híbrido, EX: explosión.
- Figura 3.44** Registro del lahar del 17 de enero de 2007 (recuadro superior), y de un tremor frecuente (recuadro inferior).
- Figura 3.45** Ejemplo de *Reporte de la actividad sismovolcánica diaria del volcán Ubinas* (IGP), del 17 de diciembre de 2008. Este reporte-resumen permite tener una estimación cuantitativa de la sismicidad, uno de los parámetros reconocidos como el más significativo en el curso de una erupción volcánica. Asimismo, la información es complementada con un pronóstico de la dirección del viento para el día del reporte.
- Figura 3.46** Energía diaria acumulada, en mega-Joules (MJ) observada en la estación UB1 de la Red Sísmica del Volcán Ubinas entre mayo de 2006 y diciembre de 2008. Nótese que los máximos de energía corresponden a los primeros meses del proceso eruptivo, y que esta ha ido disminuyendo paulatinamente aunque ocurrieron algunos pequeños lapsos de recrudescimiento.
- Figura 3.47** Duración diaria de los tremores (observada en la estación UB1 de la Red Sísmica del Volcán Ubinas).
- Figura 3.48** Energía diaria calculada en la estación UB1 (a), y energía de las explosiones (b). Círculos abiertos: explosión sin precursores. Círculos llenos: explosión con precursores.
- Figura 3.49** (a) Foto del cráter donde se aprecia que el magma ha alcanzado la superficie por vez primera el 19 de abril de 2006. (b) Fotografía del mismo cráter ocho meses después, el 8 de diciembre de 2006, donde se observa que el material magmático ya no ocupa el cráter
- Figura 3.50** Explosión del 31 de agosto de 2006 a las 10:11 h en el volcán Ubinas. Durante los 90 minutos anteriores a la explosión, se observó un enjambre de LP.
- Figura 3.51** Enjambre de LP y su forma de onda característica registrada en la estación UB1. Los picos más frecuentes son los de 2,8 y 3,6 Hz.
- Figura 3.52** Imagen de satélite que muestra la ubicación de las fuentes de aguas termales y frías alrededor del volcán Ubinas.
- Figura 3.53** Periodo de monitoreo de las fuentes de agua termales y frías ubicadas alrededor del volcán Ubinas.
- Figura 3.54** Foto de la fuente UBT, estación geoquímica donde se instalaron los equipos de monitoreo geoquímico.
- Figura 3.55** Registrador de temperatura Thermo Recorder, marca ESPEC proporcionado por la Universidad de Tokio (Japón).
- Figura 3.56** Registrador de temperatura HOBO U12-15, instalado en la estación de monitoreo Ubinas Termal.
- Figura 3.57** Medición de la temperatura en la fuente Ispaypuquio (ISP).
- Figura 3.58** Medición del pH en la fuente Volcán (VOL).
- Figura 3.59** Medición de la conductividad eléctrica en la fuente Mariposa (MAR).
- Figura 3.60** Filtrado de las muestras para el análisis de metales disueltos.
- Figura 3.61** Gráfica que muestra la correlación de las concentraciones de cationes y aniones, con la temperatura, pH y

conductividad eléctrica, de la fuente UBT. En blanco se resalta el periodo con las mayores variaciones, que coincide con el periodo de mayor actividad.

- Figura 3.62** Foto del equipo Flyspec en la caldera del volcán Ubinas (Clegg, 2006).
- Figura 3.63** Gráfica de las concentraciones de SO₂ medidas el 11 de mayo de 2006 en las fumarolas del volcán Ubinas (Clegg, 2006).
- Figura 3.64** Estación Total y Distanciómetro Laser utilizado en el monitoreo de deformación del flanco sur del volcán Ubinas.
- Figura 4.65** Ubicación de los 3 prismas en el flanco sur del volcán Ubinas (color verde) y del punto de control desde donde se realizaron las mediciones (color amarillo).
- Figura 3.66** Interferogramas obtenidos para los volcanes Ubinas y Ticsani. La disposición de las franjas de color rojo y azul evidencia la existencia de deformación en el volcán Ticsani. En el volcán Ubinas, no se ha observado deformación.
- Figura 3.67** Clasificación de las anomalías térmicas observadas en el volcán Ubinas: sin anomalía, anomalía baja, anomalía media y anomalía alta. También se consideran los periodos en que no se dispusieron de las imágenes GOES.
- Figura 3.68** Anomalías térmicas en el volcán Ubinas, registradas en las imágenes GOES, entre el 8 de mayo y 31 de diciembre de 2006.
- Figura 3.69** Anomalía térmica alta registrada por el satélite GOES, el 30 de mayo a las 22:31 h (31 de mayo, 03:31 GMT). El pixel rojo (dentro del círculo blanco) es la anomalía.
- Figura 3.70** Anomalía térmica alta registrada por el satélite GOES, el día 14 de julio a las 01:01 h (06:01 GMT).
- Figura 3.71** Mapa de peligros volcánicos del volcán Ubinas (Thouret *et al.*, 2005), donde el área marcada para lahares llega hasta el río Tambo. El lahar del 17 enero de 2007, aunque muy débilmente, llegó a alcanzar dicho punto.
- Figura 3.72** Precipitación pluvial en milímetros, registrada en la zona del volcán Ubinas (SENAMHI-Arequipa). Este dato confirma lo que observaron los habitantes del valle de Ubinas, en el sentido que antes del día 17 había nieve acumulada sobre la zona de cumbre.
- Figura 3.73** La foto de la izquierda (cortesía de J. Acosta) tomada el 13 muestra al volcán nevado, antes de la ocurrencia del lahar. La foto de la derecha fue tomada el 21. Los testigos refieren que la mayoría de la nieve que aparece en la foto de la izquierda desapareció durante la tarde del 17 de enero.
- Figura 3.74** Forma de onda del lahar del 17 de enero de 2007 (recuadro superior), que se distingue por presentar variaciones de la amplitud en el tiempo, o *pulsaciones*. Estas difieren notoriamente del registro de los tremores frecuentemente registrados en el volcán Ubinas (recuadro inferior), cuyas amplitudes se presentan de manera más regular.
- Figura 3.75** *Stacking* del espectro de frecuencias de señales sísmicas del lahar del 17 de enero (recuadro superior), y de señales sísmicas de tremores registrados en el volcán Ubinas (recuadro inferior). La diferencia en el contenido espectral es notoria: en el caso del lahar corresponde a ruido blanco, es decir, señal contiene un amplio rango de frecuencias; en el caso del tremor tiene más bien picos definidos (4,2, 4,0, 3,6, 3,1, 4,5, 4,9 y 5,3 Hz.).
- Figura 3.76** Mapa de la zona de observaciones. En los 5 puntos marcados con estrellas se han realizado observaciones. El triángulo azul marca la posición de la estación sísmica UBI del IGP, que registro el fenómeno.
- Figura 3.77** Vista de la zona observada en el punto 1.
- Figura 3.78** La foto de la izquierda (cortesía de J. Acosta) ha sido tomada en el preciso momento de la ocurrencia del lahar del día 17. Se observa una ola que llega por la parte central del cauce. La foto de la derecha fue obtenida el día 21, y muestra cómo quedó el cauce al término del fenómeno.
- Figura 3.79** Vista de detalle de los sedimentos en el cauce del río Ubinas a la altura del pueblo de San Miguel. Los sedimentos están compuestos mayormente por ceniza y algunos bloques decimétricos.
- Figura 3.80** Vista del cauce del río Ubinas a la altura del puente de San Miguel. El lahar estuvo a escasos dos metros de alcanzar el puente. La persona sobre el puente sirve de escala.
- Figura 3.81** Dos vistas de la zona del puente de Tonohaya. El lahar pasó con gran estrépito por este lugar. La foto de la derecha muestra las salpicaduras de lodo sobre el puente.

- Figura 4.1** Depósitos de caída de ceniza: A) Posee 1,5 cm de espesor aproximadamente a 4,5 km al SE del cráter del volcán Ubinas. B) 0,4 cm a 8 km al SE del cráter.
- Figura 4.2** Mapa de isópacas, donde se muestra el espesor de los depósitos de caída de cenizas, acumulados durante el periodo marzo de 2006 y abril de 2007 (Rivera *et al.*, 2010).
- Figura 4.3** Muestras de cenizas recolectadas durante la crisis: (a) cenizas del 4 de abril. (b) cenizas del 29 de mayo. (c) Cenizas del 19 de julio. (d) Cenizas del 4 de agosto. (e) Cenizas del 24 de septiembre (Rivera *et al.*, 2007).
- Figura 4.4** (a) Cráter de impacto de 2,2 m de diámetro, originado por un proyectil balístico de aproximadamente 50 cm de largo por 20 cm de ancho. Este fue eyectado a más de 300 m del cráter, durante la explosión del 20 de abril de 2006 (foto de J. Mariño). (b) Bombas y proyectiles balísticos de diferentes tamaños de menos de 50 cm, dispersos a menos de 150 m del cráter. Estos fueron eyectados durante la explosión del 20 de abril.
- Figura 4.5** Distancia máxima alcanzada por los proyectiles balísticos y/o bombas volcánicas con respecto al cráter, ocurridos durante las más importantes explosiones sucedidas en el proceso eruptivo, que fueron registradas en el año 2006 (modificado de Rivera *et al.*, 2007 y Mariño *et al.*, 2006).
- Figura 4.6** (a) Proyectil balístico de 2 m de diámetro, a 200 m del cráter, eyectado el 22 de mayo de 2006. La caída formó un cráter de impacto de 7 m de diámetro. (b) Detalle de una bomba volcánica. Es un material juvenil, presenta una parte interna escorácea y otra externa vítrea (foto de J. Mariño).
- Figura 4.7** Proyectil balístico de 30 cm de largo, eyectado a más de 1800 m de distancia del cráter, durante la explosión del 22 de mayo de 2006.
- Figura 4.8** Secciones delgadas de escorias y bombas en nicoles cruzados. (a) Fenocristales de ortopiroxeno con inclusiones de óxidos de Fe-Ti, y fenocristales de feldespato plagioclasa. (b) Fenocristales de anfíbol con grueso borde de óxidos, plagioclasa subhedrales, piroxenos y óxidos de Fe-Ti en la matriz. (c) Fenocristal subhedral de olivino con inclusiones de óxidos y fenocristales subhedrales de plagioclasa dentro de una matriz microlítica. (d) Aglomerado de plagioclasa, ortopiroxeno, clinopiroxeno y óxidos que reaccionan entre sí (Rivera *et al.*, 2007).
- Figura 4.9** Diagrama TAS de Le Bas *et al.* (1986), donde se distingue la composición de las muestras de escorias y bombas eyectadas durante la crisis de 2006 y otras de época histórica. Insertado Diagrama AFM de Irvine y Baragar (1971) (Rivera *et al.*, 2007).
- Figura 4.10** Diagrama multielementos de escorias y bombas eyectadas durante la crisis del Ubinas de 2006 y otras de época histórica, normalizadas a MORB- tipo N de Sun y McDonough (1989) (Rivera *et al.*, 2007).
- Figura 5.1** Emisiones de gases y ceniza de poco volumen (4 de abril de 2006).
- Figura 5.2** Emisiones constantes de gases y cenizas el día 22 de abril del año 2006. Estas emisiones se iniciaron alrededor de la 7:00 h., y se prolongaron hasta pasadas las 16 h.
- Figura 5.3** Emisiones constantes de gases y cenizas, producido el día 17 de julio del año 2006.
- Figura 5.4** Cráter del volcán Ubinas, captado el 7 de septiembre de 2006. No se aprecia el cuerpo de lava en el piso del cráter.
- Figura 5.5** Columna eruptiva de aproximadamente 900 m de altura, conformada por ceniza y gases. La pluma volcánica fue dispersada en dirección sur (foto tomada el 28 de octubre de 2006).
- Figura 5.6** Resumen de los resultados del monitoreo del volcán Ubinas, durante el periodo 2005-2008. Se han considerado la altura y el color de la columna eruptiva y emisiones de gases, el número de explosiones, la energía sísmica acumulada diaria (azul) (a) y la energía liberada durante las explosiones (b).
- Figura 6.1** Comunicado N.º 3, emitido por el Comité Científico el 20 de abril de 2006, donde se recomienda elevar el nivel de alerta volcánica al color «naranja».
- Figura 6.2** Comunicado N.º 8, emitido por el Comité Científico el día 3 de junio del año 2006, donde se recomienda elevar el nivel de alerta volcánica al color «naranja». En base a las recomendaciones brindadas en este comunicado el CRDC Moquegua implementó la evacuación de 5 poblaciones en riesgo.
- Figura 7.1** Reuniones del CRDC-Moquegua y el CDC del distrito de Ubinas con participación de la Presidenta del CRDC Moquegua, el alcalde del distrito de Ubinas, PREDES, el INGEMMET, entre otros.

- Figura 7.2** Participación de integrantes del Comité Científico (INGEMMET) en las reuniones del Comité Distrital de Defensa Civil de Anascapa, con integrantes del CRDC-Moquegua (3 de mayo de 2006).
- Figura 7.3** Señalización de las vías de evacuación en la zona de Anascapa. Estas fueron utilizadas durante el proceso de evacuación de poblados aledaños al volcán Ubinas.
- Figura 7.4** Cartillas de educación para informar a los pobladores los impactos de la erupción volcánica, los métodos de monitoreo, los mecanismos de la alerta temprana y la ejecución del *Plan de Evacuación*
- Figura 7.5** Charlas de capacitación a los pobladores de Anascapa, sobre el significado y operatividad del *Plan de Evacuación*.
- Figura 7.6** Charlas de capacitación a los pobladores de Tite, sobre el significado y operatividad del *Plan de Evacuación*.
- Figura 7.7** Charlas de capacitación a estudiantes de la institución educativa de Ubinas.
- Figura 7.8** Charlas de capacitación a estudiantes de la Institución Educativa de Ubinas, con activa participación de los JOVOS.
- Figura 7.9** Entrega y entrenamiento en el uso de los megáfonos, para ser usado durante el proceso de evacuación.
- Figura 7.10** Coordinaciones con los líderes para hacer frente al proceso de evacuación. Varios de ellos fueron equipados con megáfonos y chalecos para facilitar su identificación.
- Figura 7.11** Área donde se implementó el refugio de Chacchagén.
- Figura 7.12** Profesionales del INGEMMET realizando una inspección geológica de la zona de Chacchagén, donde se habilitó el refugio (8 de junio de 2006).
- Figura 7.13** Plano del refugio de Chachagen. En su diseño se consideraron áreas para albergues familiares, saneamiento, alimentación, esparcimiento, centro de salud, entre otros.
- Figura 7.14** Habilitación del terreno para instalar el refugio de Chachagén. Para ello se usaron equipos topográficos, maquinaria pesada, entre otros.
- Figura 7.15** Armado de carpas en el refugio de Chacchagén.
- Figura 7.16** (a) y (b) Construcción de pozos ciegos para letrinas en el refugio de Chacchagén (7 de junio de 2006).
- Figura 7.17** (a) y (b) Abastecimiento de materiales para el albergue, tales como calaminas y colchones.
- Figura 7.18** (a) y (b) Maquinaria pesada que fue utilizada para la rehabilitación de las vías de comunicación.
- Figura 7.19** (a) y (b). Instalación de reservorios portátiles e inauguración de los mismos, a cargo de la Presidenta del CRDC Moquegua.
- Figura 7.20** (a) y (b) Coordinaciones y preparación de efectivos de la Policía Nacional del Perú, Ejército del Perú y Compañía de Bomberos de Moquegua para apoyar en los procesos de evacuación.
- Figura 7.21** Concentración de pobladores de Tonohaya (a) y Huatahua (b) para iniciar el proceso de evacuación. Cerca sus pertenencias más importantes.
- Figura 7.22** (a) y (b) Niños a la espera de ser evacuados hacia Chacchagén. Cerca a ellos sus pertenencias más importantes.
- Figura 7.23** Efectivos de la Policía Nacional del Perú apoyando a ancianos de las localidades de San Miguel (a) y Querapi (b) para ser trasladados al refugio de Chacchagén.
- Figura 7.24** Miembros de la Compañía de Bomberos (a) y de la Policía Nacional del Perú (b) apoyando a jóvenes y niños, para abordar los volquetes y ser evacuados.
- Figura 7.25** Desplazamiento de pobladores a bordo de camiones porta tropa (a) y volquetes (b) hacia el refugio de Chacchagén.
- Figura 7.26** (a) y (b) Caravana de volquetes, camiones y camionetas, que trasladan a los evacuados y sus pertenencias.
- Figura 7.27** Ceremonia de recibimiento de pobladores evacuados en el albergue de Chacchagén. (a) La Presidenta del CRDC-Moquegua, Sra. Cristala Constantinides, es recibida en Chacchagén; (b) pobladores de Matalaque, distrito donde se halla el refugio de Chacchagén, dan la bienvenida a los evacuados.
- Figura 7.28** Refugio de Chacchagén, en este sector fueron ubicados los pobladores provenientes de Escacha y Huatahua.

- Figura 7.29** Refugio de Chacchagén, vista del sector donde fueron ubicados los pobladores provenientes de Ubinas, Tonohaya y San Miguel.
- Figura 7.30** (a) y (b) «Ollas comunes» implementadas en los 5 sectores que conforman el albergue de Chacchagén. A través de estas, se alimentó a todos los refugiados y personal de apoyo.
- Figura 7.31** Participación de personal de PREDES en las reuniones de coordinación con las autoridades y la población asentada en el albergue de Chacchagén.
- Figura 7.32** (a) y (b) Participación activa de las mujeres, especialmente madres de familia en la organización y funcionamiento del albergue de Chacchagén.
- Figura 7.33** Participación activa de los JOVOS, en la organización y convivencia en el albergue de Chacchagén.
- Figura 7.34** Construcción de Centros Educativos PRONOI, para los niños en el albergue.
- Figura 7.35** Construcción de áreas de recreación para niños.
- Figura 7.36** Entrega de zapatos y zapatillas a niños que se encontraban en el albergue de Chacchagén.
- Figura 7.37** (a) Niños y niñas participando en sesiones de juego de recuperación emocional en el refugio de Chacchagén. (b) Adolescentes voluntarios apoyan a niños y niñas en juegos de recuperación emocional en el albergue de Chacchagén.
- Figura 7.38** Diario *Correo* (11 de mayo de 2006) publica una nota periodística que da cuenta del incremento de la actividad eruptiva que se produjo el 10 de mayo de 2006, con mayores emisiones de ceniza y ruidos dentro del volcán. La población se encuentra atemorizada, sin embargo, la alerta «amarilla» continúa. La información vertida es objetiva y bien tratada.
- Figura 7.39** Diario *La República* (24 mayo de 2006) publica una noticia que da cuenta de la expulsión de «piroclastos» volcánicos a más de 1,5 km del cráter. La población y autoridades piden la evacuación y futura reubicación de poblaciones en riesgo. El periódico reporta con objetividad las informaciones vertidas por los científicos y las autoridades.
- Figura 7.40** Diario *La República* (30 de mayo de 2006) publica una noticia que da cuenta del posible cambio del nivel de alerta, de «amarillo» a «naranja», a sugerencia del Comité Científico. Las autoridades vienen realizando los preparativos para una posible evacuación de las poblaciones en riesgo hacia zonas seguras. Se percibe una estrecha coordinación entre el Comité Científico y funcionarios del INDECI y del CRDC-Moquegua.
- Figura 7.41** Tres diarios informan de diferente modo el incremento de actividad volcánica, registrado el 24 de abril de 2008. (a) Titular del diario *La República*, donde se describe el reporte del INGEMMET y las acciones que vienen implementando las autoridades. (b) Descripción objetiva de los sucesos a partir de las declaraciones de un científico que viene trabajando en el monitoreo volcánico, diario *El Popular*. (c) Descripción de los hechos, a partir de la narración de un poblador que vienen sufriendo los estragos de la erupción. El diario *Correo* resalta el temor de los pobladores frente al proceso eruptivo.
- Figura 7.42** (a) Capas finas de ceniza cubren pastos naturales en las partes altas, sobre los 3600 msnm, afectando la crianza de camélidos (agosto 2006). (b) Caídas de ceniza cubren árboles y pastos naturales cerca a la localidad de Querapi, a 4 km de distancia del cráter (septiembre 2006).
- Figuras 7.43** (a) y (b) Plantaciones de alfalfa, principal alimento de bovinos y ovinos en el valle de Ubinas, fueron cubiertas por ceniza volcánica. La ceniza provocó que se marchiten las plantas y se produzca un desabastecimiento de alimentos para los animales (abril y setiembre de 2006).
- Figuras 7.44** (a) y (b) El flujo de lodo (lahar) en el río Ubinas, generado el 17 de enero de 2007, producto de la mezcla de ceniza y agua; posee entre 0,2 a 1 m de espesor. Recorrió más de 10 km del cráter. Estos flujos de lodo afectaron áreas de cultivo en las riveras del río, así como interrumpieron vías de transporte.
- Figura 7.45** Columna eruptiva de gases y cenizas emplazada en dirección oeste. En muchos casos estas columnas provocaron baja visibilidad y problemas respiratorios por presencia de partículas finas en suspensión (julio 2006).
- Figura 7.46** Rostro de un niño cubierto por ceniza volcánica durante emisiones producidas el 3 agosto de 2006. Las cenizas generaron dermatitis, principalmente en la población infantil.

Figura 7.47 Niña con problemas de conjuntivitis provocado por la ceniza fina, que es rica en sílice (foto captada el 18 de abril de 2006).

Figuras Anexos

Figura 1 Mapa «administrativo», para el manejo de la crisis volcánica. Muestra las rutas de evacuación y los sitios de refugio.

Figura 2 Organigrama de responsabilidades y competencias.

Tablas

Tabla 1.1 Resumen de la actividad histórica del volcán Ubinas, desde el año 1550 d.C. hasta el año 1996. Se reportan 23 crisis volcánicas, referidas a alta actividad fumarólica y emisiones de cenizas (tomado de Rivera, 1998).

Tabla 1.2 Resumen del resultado del empadronamiento de pobladores, realizado en centros poblados cercanos al volcán Ubinas, durante el inicio del proceso eruptivo.

Tabla 1.3 Población pecuaria de la provincia General Sánchez Cerro (se tienen en total cerca de 150 mil animales).

Tabla 3.1 Ubicación de las fuentes de agua termales y frías donde se realizó el monitoreo geoquímico relacionado a la actividad del volcán Ubinas. Se utilizan coordenadas UTM, 19K.

Tabla 3.2 Parámetros fisicoquímicos medidos en 2005.

Tabla 3.3 Parámetros fisicoquímicos medidos en 2006.

Tabla 3.4 Parámetros fisicoquímicos medidos en 2007.

Tabla 3.5 Parámetros fisicoquímicos medidos en el año 2008.

Tabla 3.6 Principales características de los puntos de control del monitoreo de deformación del flanco sur del volcán Ubinas.

Tabla 3.7 Resultados obtenidos de la medición de distancias y ángulos con la estación total y distanciómetro.

Tabla 4.1 Análisis químico de elementos mayores y trazas de escorias y bombas eyectadas durante la crisis del año 2006 y otras de época histórica (Rivera, 2010).

Tabla 5.1 Resumen de principales eventos y acciones adoptadas durante la crisis eruptiva 2006-2008.

Tabla 7.1 Personal de apoyo que participó en los procesos de evacuación.

Tabla 7.2 Logística utilizada para los procesos de evacuación y el acondicionamiento del albergue de Chacchagén.

Tablas Anexos

Tabla 1 Población que puede ser afectada por caídas de cenizas y piedras pómez.

Tabla 2 Población que puede ser afectada por flujos piroclásticos y de avalanchas de escombros y flujos de barro.

Tabla 3 Población que puede ser afectada por caída de cenizas en caso de erupciones explosivas con IEV menor o igual a 4.

Tabla 4 Población que puede ser afectada por caída de cenizas en caso de erupciones freatomagmáticas (IEV mayor o igual a 4).

Tabla 5 Población ubicada en la zona de riesgo que fuera evacuada en la etapa 1.

Tabla 6 Población ubicada en la zona de riesgo que será evacuada en la etapa 1b.

Tabla 7 Población ubicada en la zona de riesgo que será evacuada en la etapa 2.

Tabla 8 Población ubicada en la zona de riesgo que será evacuada en la etapa 3.

