



PERÚ

Ministerio
del Ambiente

Instituto
Geofísico del Perú - IGP



Erupción del volcán Ubinas (julio de 2019)

INFORME TÉCNICO

Aportes del monitoreo geofísico en el manejo de crisis del volcán Ubinas, actividad eruptiva 2019

Fecha: noviembre de 2019

2019



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



Instituto Geofísico del Perú

Presidente Ejecutivo: Hernando Tavera

Director Científico: Danny Scipión

Autores:

José Del Carpio y Marco Rivera

Este informe ha sido producido por el Instituto Geofísico del Perú
Calle Badajoz n.º 169, Mayorazgo, Ate

Teléfono: 51-1-3172300



Contenido

INTRODUCCIÓN.....	5
• CAPÍTULO I	7
CONTEXTO VULCANOLÓGICO DEL UBINAS	7
1.1 UBICACIÓN	7
1.2 GEOLOGÍA DEL VOLCÁN UBINAS	7
1.2.1 ACTIVIDAD VOLCÁNICA OCURRIDA DESDE HACE MENOS DE 370 000 AÑOS HASTA LOS ÚLTIMOS MILES DE AÑOS	8
1.3 ACTIVIDAD VOLCÁNICA REGISTRADA DESDE LA ÉPOCA HISTÓRICA HASTA LA ACTUALIDAD	9
1.3.1 PROCESO ERUPTIVO 2006–2009.....	12
1.3.2 PROCESO ERUPTIVO 2013–2017.....	13
2 CAPÍTULO II	14
INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA REALIZADA EN EL 2013-2017 PARA EL PRONÓSTICO DE ERUPCIONES VOLCÁNICAS.....	14
2.1 DATOS UTILIZADOS: SEÑALES SÍSMICAS IDENTIFICADAS	14
2.1.1 SISMOS DE TIPO VOLCANO-TECTÓNICO (VT).....	14
2.1.2 SISMOS DE TIPO TORNILLO	15
2.1.3 TREMORES SÍSMICOS	15
2.1.4 SISMOS DE TIPO HÍBRIDO.....	16
2.1.5 EXPLOSIÓN VOLCÁNICA.....	16
2.2 RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN: SEÑALES IDENTIFICADAS EN EL PATRÓN SÍSMICO..	17
2.3 ACTIVIDAD SÍSMICA Y NIVELES DE ALERTA VOLCÁNICA	18
3 CAPITULO III	20
PRONÓSTICO EXITOSO DE ERUPCIÓN DEL VOLCÁN UBINAS EN 2019	20
3.1 FASE A-INTRANQUILIDAD VOLCÁNICA	21
3.2 FASE B-INCREMENTO DE SEÑALES SÍSMICAS ASOCIADAS AL ASCENSO DE MAGMA.....	23
3.3 FASE C - EXPLOSIONES VOLCÁNICAS.....	24



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



3.4	ACTIVIDAD SÍSMICA REGISTRADA ENTRE EL 24 DE JULIO Y 12 DE SEPTIEMBRE	26
3.5	OTROS PARÁMETROS GEOFÍSICOS	28
3.5.1	MONITOREO GEODÉSICO	28
3.5.2	MONITOREO CON SENSORES REMOTOS.....	29
4	CAPITULO IV	31
	CONTRIBUCIONES DEL IGP EN EL MANEJO DE LA CRISIS DEL VOLCÁN UBINAS	31
4.1	DIFUSIÓN DE LA INFORMACIÓN	31
4.2	ASESORAMIENTO A AUTORIDADES	34
4.2.1	REUNIONES CON EL GORE MOQUEGUA	34
4.2.2	ASESORAMIENTO EN LA EVACUACIÓN DE CENTROS POBLADOS	36
4.2.3	ASESORAMIENTO PARA ESTABLECER LOS SITIOS DE REFUGIOS.....	37
4.3	FUTUROS ESCENARIOS ERUPTIVOS	37
5	CONCLUSIONES	39
6	BIBLIOGRAFÍA.....	41
	ANEXO I	43
	ANEXO II	46

INTRODUCCIÓN

Un aspecto importante que permite al Instituto Geofísico del Perú (IGP), a través del Centro Vulcanológico Nacional (CENVUL), generar alertas oportunas por erupciones volcánicas es realizar un pronóstico acertado y oportuno utilizando el conocimiento científico de señales sísmicas. En ese sentido, el IGP, de acuerdo a investigaciones geofísicas realizadas desde el año 2013, ha reconocido un patrón de eventos sísmicos que se registran antes del inicio de las explosiones o erupciones volcánicas. Esta secuencia de señales sísmicas ha permitido a los especialistas realizar pronósticos de erupciones volcánicas anticipándose al inicio de los episodios explosivos del volcán Ubinas en los años 2014, 2015, 2016 (proceso eruptivo 2013-2017) y 2019.

En tal sentido, podemos mencionar que gracias a las investigaciones desarrolladas en anteriores procesos eruptivos del volcán Ubinas y al análisis de datos geofísicos, el Instituto Geofísico del Perú, a través del CENVUL cumple su rol de alertar oportunamente a las autoridades y población sobre la ocurrencia de una erupción volcánica. En la actual erupción del Ubinas de 2019, el CENVUL ha realizado un pronóstico exitoso de un proceso volcánico, lo que ha permitido que las instituciones competentes en la gestión del riesgo puedan responder a tiempo, en beneficio de la población, ante este nuevo proceso eruptivo.

Cabe mencionar que el CENVUL es el servicio oficial del Estado peruano implementado y administrado por el Instituto Geofísico del Perú (IGP), el cual registra, analiza e interpreta los datos sismovolcánicos, geodésicos, geoquímicos y de cámaras de video que provienen en tiempo real de las estaciones de monitoreo instaladas en 12 volcanes activos y potencialmente activos del sur peruano: Sara Sara, Coropuna, Auquihuato, Sabancaya, Misti, Chachani, Ubinas, Huaynaputina, Ticsani, Tutupaca, Yucamane y Casire. Asimismo, analiza la información tomada directamente de campo (potenciales eléctricos, imágenes FLIR, dron, etc.).

Realizar un pronóstico exitoso de erupciones volcánicas de cualquiera de los volcanes activos de nuestro territorio se basa en el monitoreo continuo y en tiempo real. Ubinas es uno de estos volcanes y es considerado como el más activo del Perú. Solo en el presente siglo, ha desarrollado tres nuevos procesos eruptivos (2006-2009, 2013-2017;

2019-actualidad), los cuales han alcanzado un Índice de Explosividad Volcánica (IEV) igual a 2, en una escala que va del 0 al 8.

El presente documento muestra los trabajos efectuados por el CENVUL durante la presente actividad eruptiva del Ubinas en 2019, precisando las labores de monitoreo volcánico realizadas de manera permanente, la emisión de las alertas, reportes y boletines vulcanológicos como productos informativos para la toma de decisiones de las autoridades e instituciones responsables del manejo de la crisis volcánica. Asimismo, se explica el asesoramiento a las autoridades en el manejo de la crisis.



Figura 1.- Volcanes activos y potencialmente activos monitoreados por el IGP a través del Centro Vulcanológico Nacional (CENVUL).

CAPÍTULO I

CONTEXTO VULCANOLÓGICO DEL UBINAS

1.1 UBICACIÓN

El volcán Ubinas (16.34°S ; 70.89°W ; 5672 m s.n.m.) se ubica en la región Moquegua, provincia de General Sánchez Cerro, distrito de Ubinas (Figura 2), a 6 km al noreste del distrito de Ubinas, 94 km al norte de la ciudad de Moquegua y a 70 km al este de la ciudad de Arequipa.

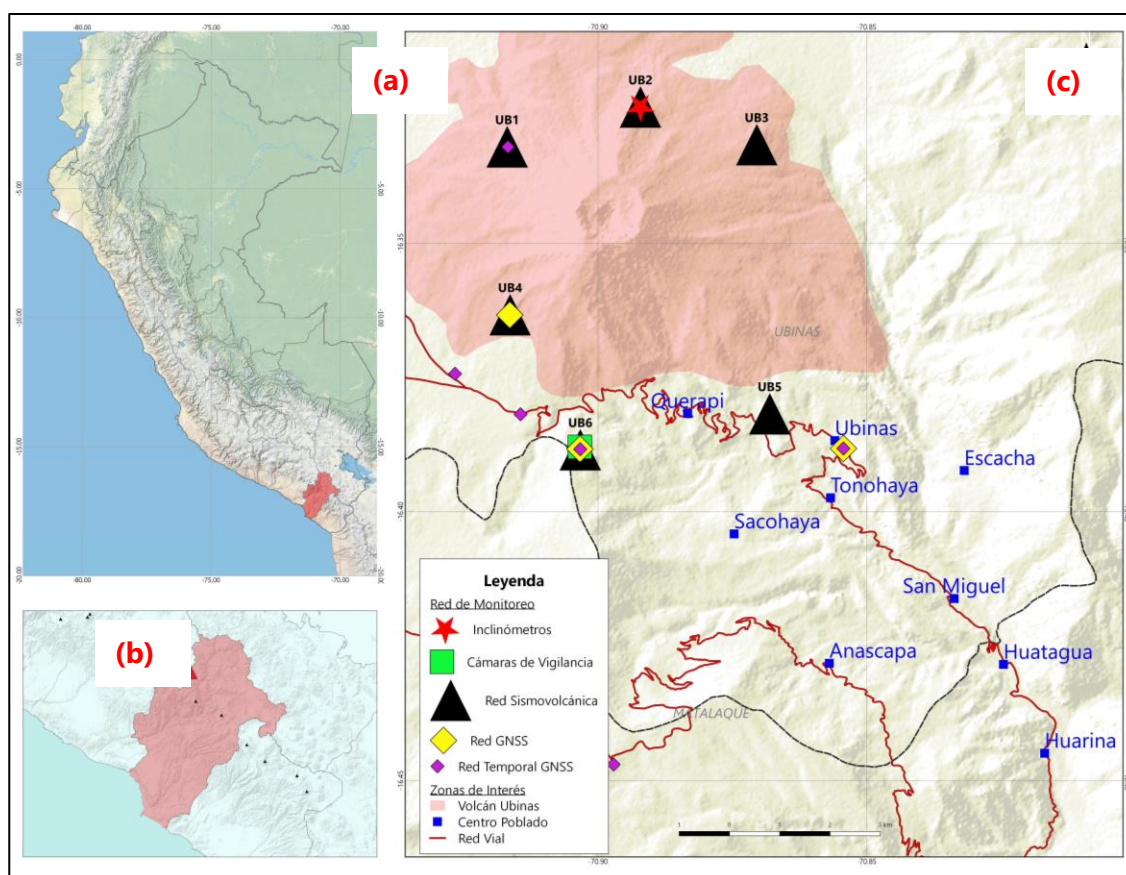


Figura 2.- (a) Ubicación de la región Moquegua sobre imagen SRTM, (b) mapa político de la región Moquegua. El volcán Ubinas está ubicado en la provincia de General Sánchez Cerro, (c) Mapa de ubicación del volcán Ubinas, centros poblados y red de monitoreo volcánico operado por el IGP.

1.2 GEOLOGÍA DEL VOLCÁN UBINAS

Con base en los estudios geológicos, estratigráficos y dataciones radiométricas $40\text{Ar}/39\text{Ar}$, C^{14} efectuados por Thouret et al., (2005); Rivera (1998, 2010) se presenta de manera resumida la actividad volcánica pasada del Ubinas.

1.2.1 Actividad volcánica ocurrida desde hace menos de 370 000 años hasta los últimos miles de años

La historia eruptiva del Ubinas se divide en dos períodos:

(1) "Ubinas I" (>370 000 años).- Corresponde a la primera etapa eruptiva, durante el cual el Ubinas presentó una actividad principalmente de tipo efusiva que emplazó flujos de lava andesíticos que yacen en la base del volcán (Figura 3). Posteriormente, se destruyó el flanco sur del volcán generando depósitos de avalanchas de escombros distribuidos en la parte baja del flanco sur (visibles a más de 12 km al sureste del volcán, valle de Ubinas). Este depósito tuvo un volumen aproximado de 2.8 km³.

(2) "Ubinas II" (370 000 años hasta el presente).- Inicialmente, entre ~370 000 y 270 000 años A.P. (antes del presente), se produjo el crecimiento y destrucción de domos de lava, seguido o asociado al emplazamiento de lavas que forman parte del cono superior del volcán. Posteriormente, se produjo una erupción explosiva que generó una secuencia de flujos piroclásticos de pómez y cenizas cuyo volumen fue de 1.8 km³, que aflora entre 7 y 8 km al sureste del cráter, ligado a un probable colapso de caldera ocurrido hace 269 000 ± 14 años. Posteriormente, entre ~250 000 y 170 000 años A.P., se produjo el crecimiento y destrucción de domos asociado a una actividad efusiva que emplazó flujos de lava. Entre 170 000 y 20 000 años A.P., predomina una importante actividad efusiva que terminó por formar el cono superior del volcán.

En una última etapa ocurrida hace menos de 20 000 años, se produjeron erupciones explosivas plinianas que formaron la caldera del volcán. Una de las erupciones plinianas antiguas, de hace 14 000 años A.P., ha depositado una capa de pómez riolíticos de 4.5 m de espesor a 9 km al sur del cráter (visibles en los sectores de Sacohaya y Anascapa), sobre el cual existe otro depósito de caída pliniana de 1.2 m de espesor, constituido de lapilli pómez, datado en 7480 años A.P. Hace cerca de 3670 años, ocurrió un segundo derrumbe del flanco sur del volcán que depositó una avalancha de escombros de ~1.2 km³. Estos depósitos formaron montículos al pie de la pared sur del cono (Querapi). Hace 980±60 años A.P., ocurrió la última erupción

pliniana del Ubinas que depositó una capa caída de lapilli pómez andesíticos de 4.5 m de espesor a 6 km al sureste del volcán. Desde el año de 1550 d.C. hasta la actualidad, la actividad volcánica estuvo caracterizada por erupciones explosivas de magnitud baja (IEV 1-3), como la actividad eruptiva 2006-2009, 2013-2017 y recientemente la actividad 2019.

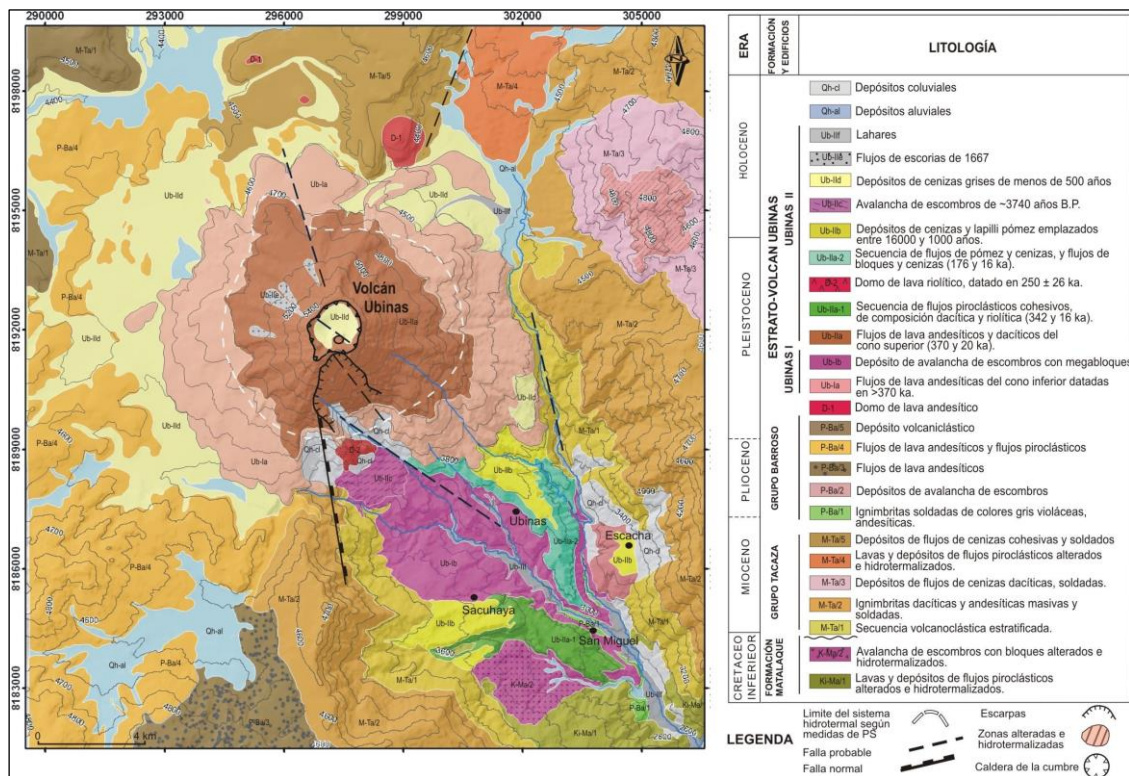


Figura 3.- Mapa geológico del volcán Ubinas (tomado de Rivera, 2010).

1.3 ACTIVIDAD VOLCÁNICA REGISTRADA DESDE LA ÉPOCA HISTÓRICA HASTA LA ACTUALIDAD

Relatos históricos y datos geológicos de campo muestran que el volcán Ubinas presentó al menos 26 crisis volcánicas desde el año de 1550 (Rivera, 1998; Thouret et al., 2005), referidas a alta actividad fumarólica y emisiones de cenizas, con una recurrencia de 2 a 6 episodios por siglo. Los eventos registrados sucedieron en los años 1550, 1599, 1662, 1667, 1678, 1784, 1826, 1830, 1862, 1865, 1867, 1869, 1906, 1907, 1912-1913?, 1923-1925?, 1936, 1937, 1951, 1956, 1969, 1995-1996, 2006-2009, incluido 2013-2017. Estos eventos causaron daños en centros poblados y terrenos de cultivos localizados en áreas aledañas al volcán. Los daños ocasionados fueron principalmente por lluvias de cenizas y emisiones de gases.

Datos históricos refieren que algunas de estas erupciones ocurridas en los últimos 500 años fueron erupciones explosivas de magnitudes leves a moderadas. Por ejemplo, la erupción ocurrida el año de 1662 corresponde a una erupción de tipo vulcaniana que tuvo un Índice de Explosividad Volcánica (IEV) igual a 2 o la erupción del año 1677 que tuvo un IEV igual a 3. Esta última erupción depositó un flujo piroclástico de escoria de color gris de 0.5 m de espesor a 1 km al oeste del cráter. En áreas distales, este depósito de flujo de escoria está sobre las cenizas de la erupción del volcán Huaynaputina ocurrida en el año de 1600 d.C.

Durante el siglo XX, el Ubinas ha presentado al menos ocho erupciones leves, caracterizadas por intensas emisiones de gases y cenizas. La caída de cenizas causó daños considerables en terrenos de cultivo y poblados situados alrededor del volcán, provocando la muerte de algunas personas y de ganado a consecuencia de epidemias desconocidas. Frecuentemente, las cenizas se mezclaron con el agua y se transformaron en flujos de barro que discurrieron por el fondo del valle de Ubinas, destruyendo terrenos de cultivos (Diario El Pueblo, 1936, 1937, 1951, 1969).

Cabe mencionar que el Índice de Explosividad Volcánica (IEV) es la escala de magnitud de una erupción que va de 0 a 8. Esta describe el tamaño de las erupciones volcánicas basada en factores como el volumen de material emitido, altura de la columna eruptiva, etc.

En la Tabla 1 se presenta un resumen de la actividad del volcán Ubinas registrada desde épocas históricas hasta antes del proceso eruptivo 2019.

AÑO	INICIO	FINAL	TIPO DE ACTIVIDAD	IEV	OBSERVACIONES
1550			Erupción central y explosiva	3?	
1599	7 feb.	22 feb.	Erupción explosiva moderada	2	Cenizas grises cayeron cerca de Arequipa.
1600			Erupción explosiva		
1662			Erupción explosiva	2?	Las cenizas viajaron hasta las pampas de Sama y Locumba.
1677			Erupción explosiva de gran magnitud	3	Probablemente, cayeron cenizas y flujos piroclásticos de escorias encontrados al NW y N del volcán (hasta 1 km del cráter).



1778			Erupción explosiva		
1784			Erupción central y explosiva	2	Alta actividad fumarólica y emisión de ceniza.
1826			Erupción central y explosiva	2	
1830			Erupción central y explosiva	2	
1862			Erupción central y explosiva	2	
1865			Erupción central y explosiva	2	Emisión de ceniza gris.
1867	24-may.	28-may.	Erupción central y explosiva	2	
1869		Octubre	Erupción central y explosiva	2	
1906		Octubre	Erupción central y explosiva	2	
1907		Octubre	Erupción central y explosiva	2	
1912-1913 ?			Erupción central y explosiva	2	Cenizas cayeron sobre Ubinas, Chojata y Yalaha; afectó tierras de cultivo y murieron ganados por epidemias desconocidas generadas por las cenizas.
1923-1925 ?			Erupción explosiva		Cenizas grises cayeron cerca de la ciudad de Arequipa.
1936	3 en.	Julio	Erupción explosiva y fumarólica	2	En el valle de Ubinas las cenizas afectaron áreas importantes de cultivo.
1937	Mayo	Julio	Erupción central y explosiva	2	Las cenizas destruyeron terrenos de cultivo y generaron epidemias en el valle de Ubinas.
1951	Mayo	21 oct.	Erupción central y explosiva	2	En el valle de Ubinas las cenizas causaron serios daños.
1956	Junio		Erupción explosiva y fumarólica	2	Emisión de cenizas causaron daños en los terrenos de cultivo y en poblados del valle de Ubinas.
1969	Mayo	Dic.?	Erupción explosiva	2	En el valle de Ubinas las cenizas destruyeron los cultivos y afectaron a la población.
1995-1996	Dic.	Abril?	Alta actividad fumarólica	1	Esta actividad alarmó a la población del valle de Ubinas.
2006-2009	Marzo		Erupción explosiva y fumarólica	2	En el valle de Ubinas las cenizas destruyeron los cultivos y afectaron a la población. La población de cinco pueblos (1500 habitantes) fue evacuada al refugio Chacchagen.
2013 - 2017	Septiembre		Erupción explosiva y fumarólica	2	En el valle de Ubinas las cenizas destruyeron cultivos y afectaron a la población. La población de 3 poblados fue evacuada a Anascapa

Tabla 1. Resumen de la actividad histórica del volcán Ubinas (Tomado de Rivera, 1998).

1.3.1 Proceso eruptivo 2006–2009

La actividad volcánica se inició en el mes de agosto de 2005, durante el cual las emisiones de fumarolas fueron en aumento. Posteriormente, el 27 de marzo de 2006, el Ubinas empezó a emitir ceniza que cayó sobre el poblado de Querapi. La actividad se acentuó en abril de 2006, fecha en la cual la actividad sísmica se mostró intensa y creciente. Las cenizas ascendieron hasta 3000 m de altura sobre la cima del volcán. Durante mayo a agosto de 2006, la actividad fue variable; la energía de los eventos sísmicos mostraba altibajos; se registraron hasta 3 explosiones diarias (Macedo et al., 2008); asimismo, las cenizas ascendieron hasta 3000 y 4000 m sobre la cumbre, siendo luego dispersadas a más de 40 km en dirección E, NE, NO y SE. En el mes de septiembre y octubre, la actividad en general fue en descenso, tanto en los parámetros sísmicos como en la altura de las plumas volcánicas.

Durante los meses de noviembre y diciembre de 2006, se registra mínima ocurrencia de explosiones y las señales sísmicas asociadas a movimiento de fluidos (LP) disminuyen notoriamente; las emisiones de cenizas ascendieron, eventualmente, a más de 2000 m sobre la cima del volcán, siendo luego dispersadas hacia el O, SO, N, E y SE, a más de 20 km con respecto al volcán. A partir de diciembre de 2006 hasta el 27 de marzo de 2007, el Ubinas presentó muy leve actividad. Posteriormente, entre el 28 y 30 de marzo se registraron explosiones importantes con emisión de cenizas y bloques incandescentes. Desde mayo a noviembre de 2007, la actividad del Ubinas fue leve y se caracterizó por la emisión continua de gases. Desde ese entonces hasta febrero de 2008, se produjeron pequeñas explosiones que generaron eventualmente columnas de cenizas que alcanzaron hasta 3000 m de altura sobre la cima, las mismas que fueron dispersadas a más de 60 km con dirección E, S y SO del volcán. Desde mayo a octubre de 2008 continúa la actividad fumarólica, la cual fue ocasionalmente interrumpida por al menos 12 explosiones que generaron columnas de gases y cenizas de hasta 1500 m de altura. Desde noviembre de 2008 a diciembre de 2009, la actividad fumarólica comienza paulatinamente a descender para luego culminar.

La actividad explosiva del volcán Ubinas registrada entre los años 2006–2009, causó alarma y preocupación a los pobladores del valle de Ubinas y sus autoridades, quienes

antes de dicha crisis no disponían de planes de contingencia destinados a atender una crisis volcánica que involucre la evacuación de la población. En esta oportunidad, se temió que la actividad se incrementara enormemente inclusive con la generación de flujos piroclásticos que pudieran descender del volcán. Al inicio de esta actividad, se produjo un importante incremento de la actividad explosiva, la cual se vio reflejada por las continuas emisiones de cenizas que obligaron a las autoridades a evacuar en un primer momento a los pobladores de Querapi hacia el refugio de Anascapa (días 20-21 de abril de 2006) y, en un segundo momento, a más de 1500 personas al refugio de Chacchagen (~20 km al sureste del volcán). Esto ocurrió entre los días 9 y 11 de junio del 2006.

1.3.2 Proceso eruptivo 2013–2017

El 1 de septiembre de 2013, el volcán Ubinas inició un nuevo proceso eruptivo, caracterizado por la ocurrencia de explosiones que emitieron gases y cenizas que alcanzaron hasta 3 km de altura. Entre el 1 y 7 de septiembre, se registraron alrededor de 9 explosiones, alcanzando su mayor nivel de actividad entre los días 12 y 23 de abril de 2014. En este último periodo, ocurrieron alrededor de 159 explosiones, con emisiones importantes de ceniza y columnas eruptivas de hasta 5 km sobre la cima del volcán que produjeron caída de cenizas a más de 30 km de distancia del volcán. Entre los meses de enero a marzo de 2015, nuevamente se observa el incremento en el número de las señales sísmicas que estarían relacionadas a fractura de rocas (VT) y al ascenso de magma. Las plumas fumarólicas no superaron los 1500 m de altura. Desde el 8 de abril hasta mediados de octubre de 2015, se registraron columnas de gases y cenizas más altas que alcanzaron los 4000 m (26 de julio y 28 de septiembre de 2015). Entre los meses de octubre a diciembre de 2015, las columnas fumarólicas fueron de menor altura, alcanzando en promedio los 2000 m. A partir de enero de 2016, la actividad eruptiva del volcán Ubinas disminuyó paulatinamente, manteniéndose en un nivel bajo hasta enero de 2017.

CAPÍTULO II

INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA REALIZADA EN EL 2013-2017 PARA EL PRONÓSTICO DE ERUPCIONES VOLCÁNICAS

El Instituto Geofísico del Perú, durante el último proceso eruptivo del volcán Ubinas ocurrido entre los años 2013 y 2017, analizó de manera permanente los datos sísmicos provenientes de su red de monitoreo en tiempo real instalada en el mencionado volcán, la cual fue correlacionada también con información satelital de tipo térmico e información visual. En aquel entonces, se identificaron diferentes tipos de sismos que constituyen un patrón sísmico, es decir, el registro de una secuencia particular y ordenada de señales sismovolcánicas que se presentan antes de una erupción volcánica (Del Carpio et al., 2016).

Posteriormente, el IGP complementó la red de monitoreo volcánico del Ubinas. Actualmente, está conformada por 6 estaciones sísmicas, 2 inclinómetros, 1 GPS y 2 cámaras de vigilancia (Figura 2) que operan de manera permanente sobre y alrededor del volcán. Los datos registrados son transmitidos al CENVUL vía telemétrica.

A continuación, se detalla las observaciones realizadas durante el último proceso eruptivo (2013-2017) que permitieron el desarrollo de un pronóstico de erupciones volcánicas validado, el cual fue aplicado exitosamente en la erupción de 2019.

2.1 DATOS UTILIZADOS: SEÑALES SÍSMICAS IDENTIFICADAS

Durante el periodo de análisis (2013-2017) se realizó el procesamiento de 251 354 señales sísmicas, identificando, dentro de estas, eventos sísmicos asociados a procesos de ruptura o fractura de rocas (sismos tipo VT), movimiento de fluidos volcánicos como gases y magma (sismos LP e híbridos), así como, señales relacionadas a explosiones y emisión de tefras (tremor). Todos estos tipos de eventos sísmicos se detallan a continuación:

2.1.1 Sismos de tipo Volcano-Tectónico (VT)

Son sismos producidos por el fracturamiento de rocas ocurrido dentro del edificio volcánico o próximo a él como resultado de esfuerzos causados, principalmente, por la presión de fluidos volcánicos (gases, magma, etc.). Ver figura 4.

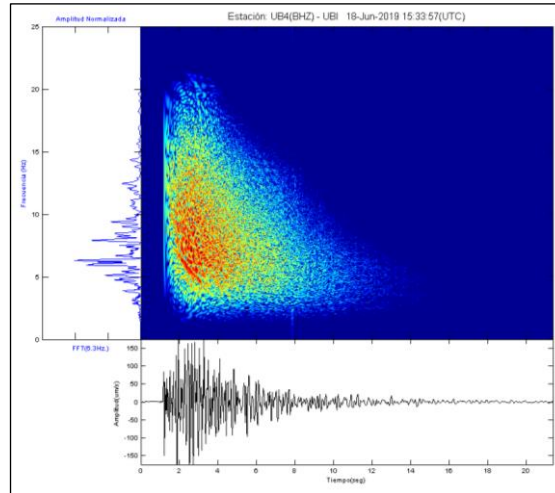


Figura 4.- Sismos de tipo Volcano-Tectónico registrados en el volcán Ubinas por la estación sísmica UBI4 el 20 de junio de 2019

2.1.2 Sismos de tipo Tornillo

El término "Tornillo" fue acuñado por la forma de la señal sísmica (Figura 5). La fuente de los eventos de tipo Tornillo pueden deberse a la resonancia en una grieta llena de fluido. Estos sismos denotan el incremento de la presión interna del sistema volcánico.

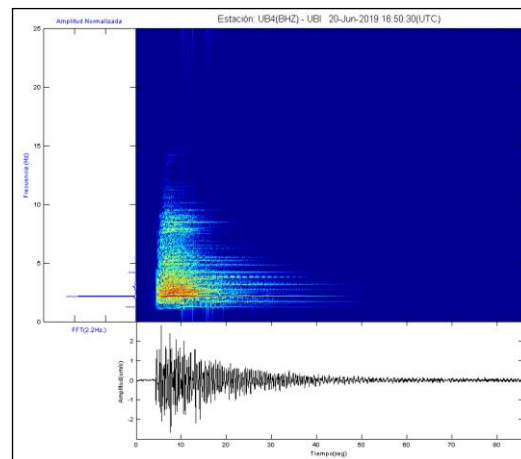


Figura 5.- Sismo de tipo tornillo registrado en el volcán Ubinas por la estación UBI4 el 20 de junio de 2019.

2.1.3 Tremores sísmicos

Los tremores sísmicos (Figura 6) están relacionados con la perturbación del sistema hidrotermal, como una consecuencia del ascenso del magma hacia la superficie. La señal sísmica puede durar por varios minutos, horas o días.

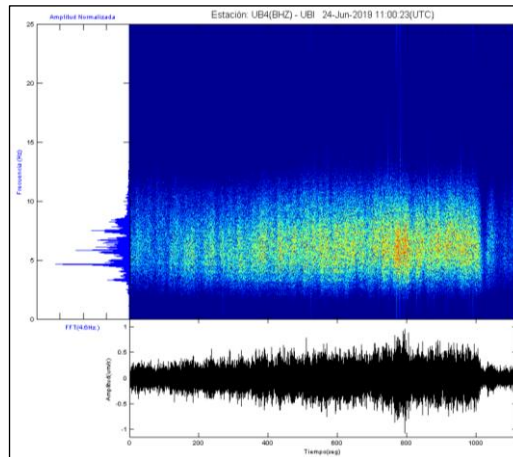


Figura 6.- Tremor espasmódico registrado en el volcán Ubinas por la estación sísmica UB4 el 24 de junio de 2019

2.1.4 Sismos de tipo Híbrido

Este tipo de eventos (Figura 7) están asociados al ascenso de magma. La señal sísmica indicaría el transporte a presión del magma hasta cercanías de la superficie, provocando ruptura en las paredes del conducto volcánico.

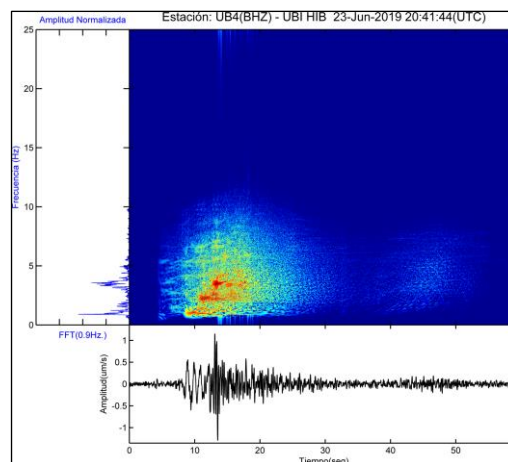


Figura 7.- Sismo de tipo Híbrido registrado en el volcán Ubinas por la estación sísmica UB4 el 23 de junio de 2019.

2.1.5 Explosión volcánica

Una explosión genera una señal sísmica de alta energía (Figura 8). Inmediatamente generada la explosión, se registra el tremor espasmódico asociado con la expulsión de ceniza y gases hacia la atmosfera.

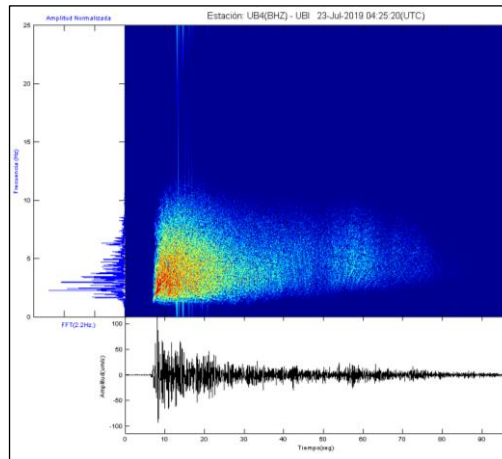


Figura 8.- Explosión registrada en el volcán Ubinas por la estación sísmica UB1 el 23 de julio de 2019.

Asimismo, en el periodo eruptivo del Ubinas 2013-2017 se realizó la localización de los sismos VT mediante el programa HYPOELLIPSE (Lahr, 1999), y se calculó la energía sísmica generada siguiendo el modelo propuesto por Johnson et al., (2005).

El análisis, procesamiento y localización de las señales sísmicas, considerando las fuentes que las originan de acuerdo al comportamiento dinámico del volcán, fueron correlacionadas con información satelital de tipo térmico, específicamente del sistema MIROVA.

2.2 RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN: SEÑALES IDENTIFICADAS EN EL PATRÓN SÍSMICO

El análisis sísmico del proceso eruptivo 2013-2017 ha permitido identificar una secuencia de eventos sismovolcánicos registrados **previo al inicio del proceso eruptivo**. Dicha secuencia constituye un patrón sísmico el cual ha sido dividido en 3 fases (ABC) de acuerdo al tipo de sismos identificado:

La fase A - Ocurre al inicio del proceso eruptivo. Se caracteriza por el registro de sismos de tipo VT y Tornillos, ligado a la presurización del sistema volcánico debido a la presencia de mayor cantidad de fluidos magmáticos. Incluye, también, la aparición de sismos tipo Tremor espasmódico, ligada a la vibración sísmica al nivel del sistema hidrotermal, producto de la influencia y cercanía de un cuerpo magmático en ascenso hacia la superficie (Figura 9).

La fase B - Se caracteriza por el registro de un mayor número de sismos tipo Híbrido que sugieren el ascenso del magma hacia la superficie (Figura 9).

La fase C - Se caracteriza por el registro de explosiones volcánicas, sugiriendo el inicio de una erupción volcánica con emisiones de grandes volúmenes de tefras (Figura 9).

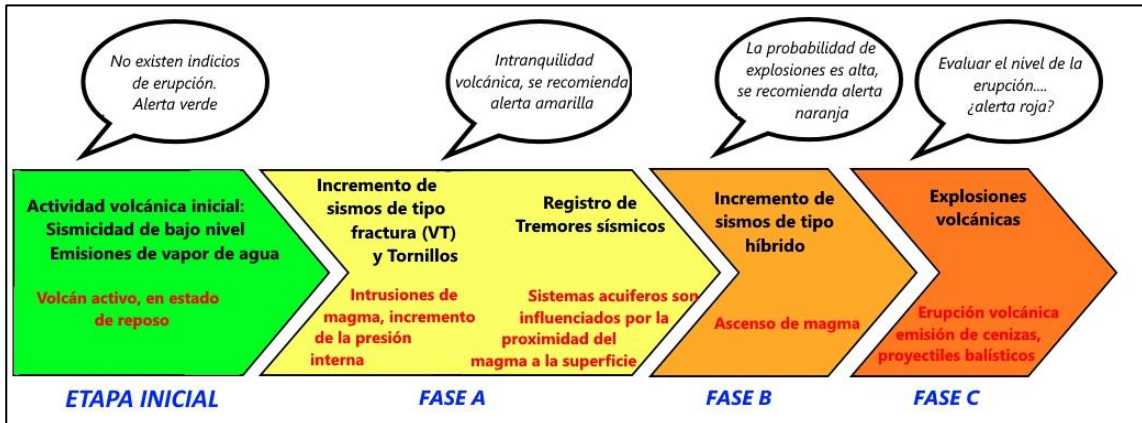


Figura 9.- Las tres fases (ABC) de distinta actividad sísmica están representadas por flechas de color diferente. En el gráfico se detalla el tipo de actividad sísmica y el proceso volcánico que se desarrolla. De acuerdo a parámetros geofísicos, se realizan las recomendaciones de cambio de nivel de alerta volcánica.

2.3 ACTIVIDAD SÍSMICA Y NIVELES DE ALERTA VOLCÁNICA

Durante el registro de la primera fase (Fase A), es decir debido a la presencia de una actividad sísmica tipo Volcano-Tectónica y sismos tipo Tornillos, según protocolo interno, el IGP recomienda elevar el nivel de alerta volcánica de color verde a amarillo.

En una segunda fase B, se empieza a registrar actividad sísmica de tipo híbrido, la misma que con el transcurrir de horas o días se incrementa, tanto en el número de sismos como en su energía. En esta fase, las probabilidades del desarrollo de una erupción volcánica se incrementan y, en ocasiones, es inminente. En esta fase ocurren pequeñas explosiones volcánicas. En ese escenario, el IGP recomienda elevar el nivel de alerta amarilla a color naranja.

Finalmente, la fase C corresponde al inicio de una erupción explosiva violenta con un IEV ≥ 2 , caracterizada por la emisión de cenizas, escorias (tefras), y, eventualmente, flujos piroclásticos.

La capacidad de pronóstico, gracias a la aplicación del patrón ABC, se ha extendido desde días a meses. Gracias a este método de detección temprana de señales sísmicas es posible informar acerca de la probabilidad del inicio de una erupción.



Figura 10.- Cuerpo de lava registrado en la superficie del cráter del volcán Ubinas el 19 de marzo de 2014, la fase explosiva se inició 12 días después.

El pronóstico fue aplicado con éxito en los episodios eruptivos de los años 2014, 2015 y 2016 (proceso eruptivo de 2013-2017) y, actualmente, en 2019.

Cabe mencionar que las autoridades del Gobierno Regional de Moquegua tienen implementado un Plan de Contingencia frente a una erupción del volcán Ubinas, el cual está basado en los tres niveles de alerta: amarillo, naranja, roja. Cada nivel tiene establecidos trabajos y acciones que implementar.

CAPITULO III

PRONÓSTICO EXITOSO DE ERUPCIÓN DEL VOLCÁN UBINAS EN 2019

El comportamiento dinámico del volcán Ubinas, observado luego de finalizado su último proceso eruptivo (2013-2017), mostró la disminución de diversos parámetros como: la actividad sísmica, las emisiones de gases y ceniza, la densidad de SO₂, así como la ausencia de puntos calientes en el cráter del volcán. En este contexto, su nivel de actividad registrado entre marzo de 2017 y junio de 2019 era considerado bajo, tal como consta en los reportes de monitoreo emitidos por el IGP. Por tales razones, el volcán Ubinas se encontraba en alerta verde.

La Figura 11 corresponde a una línea de tiempo ligada a la evolución del proceso eruptivo del volcán Ubinas. En esta figura, además, se señala la fecha de emisión de los boletines vulcanológicos publicados por el IGP relacionados a la actividad eruptiva y recomendaciones para los cambios de nivel alerta.



Figura 11.- Línea de tiempo que muestra la evolución del actual proceso eruptivo del volcán Ubinas desde el registro de la intranquilidad sísmica el 18 de junio (alerta verde). Con el registro de emisiones de ceniza, la alerta se elevó a amarilla; con el inicio de la actividad explosiva, el 19 de julio la alerta se elevó a naranja.

Para una descripción detallada de los sucesos, la actividad del Ubinas registrada en el 2019 ha sido dividida en tres fases de actividad sismovolcánica (pronóstico de erupciones, ABC). A continuación, se detalla cada una de estas fases:

3.1 FASE A-INTRANQUILIDAD VOLCÁNICA

Corresponde a la detección temprana de 33 sismos de tipo Volcano-Tectónicos (VT) registrados en forma de enjambres sísmicos el día 18 de junio desde las 9:45 h a 11:00 h (Figura 12). Un enjambre sísmico es un grupo de sismos de magnitudes similares registrados en un corto periodo de tiempo y en una misma área.

Posteriormente, desde el 19 de junio se registran los primeros sismos de tipo Tornillo, los mismos que empezaron a incrementarse a una tasa promedio de 6 señales sísmicas por día hasta el inicio de la erupción ocurrida el 24 de junio. La **fase A** del pronóstico eruptivo fue reportada en los boletines vulcanológicos del IGP n.º 012-2019 y n.º 013-2019, emitidos los días 18 y 21 de junio de 2019, respectivamente. En este último documento se recomendó elevar el nivel de alerta volcánica de color verde a amarillo.

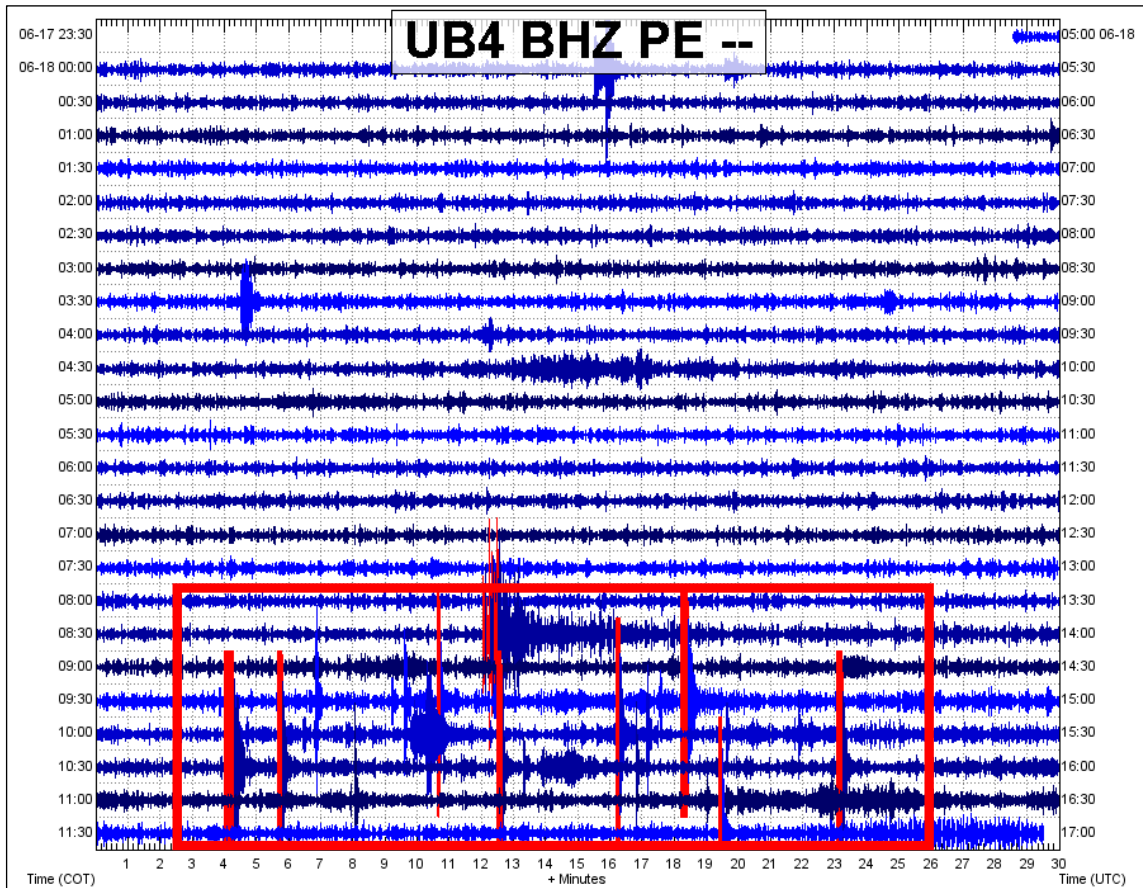


Figura 12.- Enjambre sísmico registrado por la red de monitoreo del volcán Ubinas en tiempo real (cuadro rojo). Este episodio ocurrió entre las 9:45 h a 11:00 h del 18 de junio.

Posteriormente, entre el 21 al 24 de junio, la actividad sísmica (señal tipo VT) relacionada a procesos de ruptura de rocas al interior del volcán Ubinas se incrementó notablemente, a razón de 154 sismos por día. Las señales sísmicas que estarían asociadas al movimiento de fluidos volcánicos (gases y magma) se incrementaron sustancialmente, pasando de 7 eventos el día 21 de junio a 80 eventos al día 23 de junio. Inmediatamente, después, el día 24 de junio, desde las 7:00 h del día, las cámaras de vigilancia y el satélite SENTINEL registran en el volcán Ubinas las primeras emisiones de ceniza y gases hasta alturas de 1000 m sobre la cima del volcán. Estas cenizas fueron dispersadas en dirección norte y noreste del volcán (Figura 13).

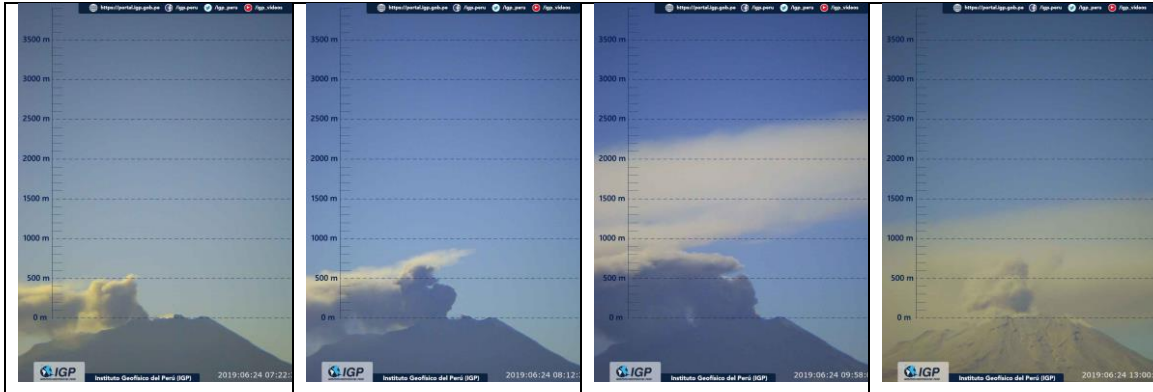


Figura 13.- Imágenes registradas por una de las cámaras de vigilancia durante la emisión de cenizas observada el día 24 de junio.

Hasta ese momento, y luego de ser registrada la fase A del pronóstico de erupciones volcánicas, se recomendó al Gobierno Regional de Moquegua (GRM) elevar el nivel de alerta volcánica de color verde a amarillo, el mismo que fue oficializado por el GRM según Resolución Ejecutiva Regional n.º 282-2019-GR/MOQ (Anexo I). Asimismo, en este escenario eruptivo, el Gobierno Regional de Moquegua convoca a una reunión el día 10 de julio para atender la agenda correspondiente a la reactivación del volcán Ubinas. Durante la reunión, el gobernador expuso el desarrollo de la agenda: plan de contingencia por la erupción volcánica e informe de acciones y trabajos en el albergue de Sirahuaya (Reporte Complementario n.º 23-19/07/2019/COER-Moquegua).

3.2 FASE B-INCREMENTO DE SEÑALES SÍSMICAS ASOCIADAS AL ASCENSO DE MAGMA

Del 30 de junio al 13 de julio de 2019, el registro de señales sísmicas de tipo Híbrido, asociada al ascenso de magma en el Ubinas, era constante y se mantenía en ascenso con la ocurrencia promedio de 26 eventos por día. Entre el 14 y 18 de julio, previo a la fase explosiva del 19 de julio, el número promedio de sismos tipo Híbridos disminuyó abruptamente a una tasa diaria de 3 sismos. En este contexto, se evidencia, mediante imágenes satelitales Sentinel-2, la presencia de un cuerpo de lava en el fondo del cráter del Ubinas, el cual arribó a la superficie del cráter entre el 15 y 19 de julio (Figura 14).

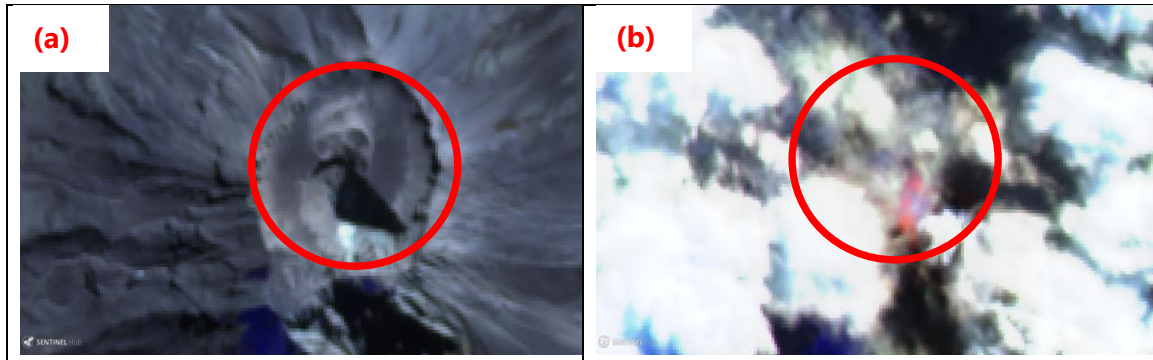


Figura 14.- Registro de imágenes satelitales Sentinel-2 con filtro de penetración atmosférica. El círculo rojo indica la ubicación de la caldera volcánica. Las imágenes fueron obtenidas el (a) 14 de julio de 2019 y (b) 19 de julio de 2019. La presencia de un cuerpo de lava (en rojo) denota el arribo del magma a la superficie.

Los boletines vulcanológicos n.º 015-2019 y n.º 016-2019 emitidos por el IGP dan detalle del incremento de las señales sísmicas de tipo Híbrido que estarían relacionadas al ascenso de magma hacia la superficie. Esto indicaba, además, la probabilidad del registro de explosiones volcánicas. Asimismo, el día 18 de julio se emitió una alerta a las 11:22 h por dispersión constante de cenizas con dirección este y sureste, donde se localizan los distritos de Ubinas y Matalaque.

3.3 FASE C - EXPLOSIONES VOLCÁNICAS

En el presente proceso eruptivo, la fase explosiva mayor fue registrada el 19 de julio, durante la cual se registraron hasta 3 explosiones consecutivas a 02:27 h, 02:48 h y 03:09 h. Las explosiones emitieron volúmenes de cenizas y gases volcánicos en cantidades no vistas en actividades eruptivas recientes del Ubinas.

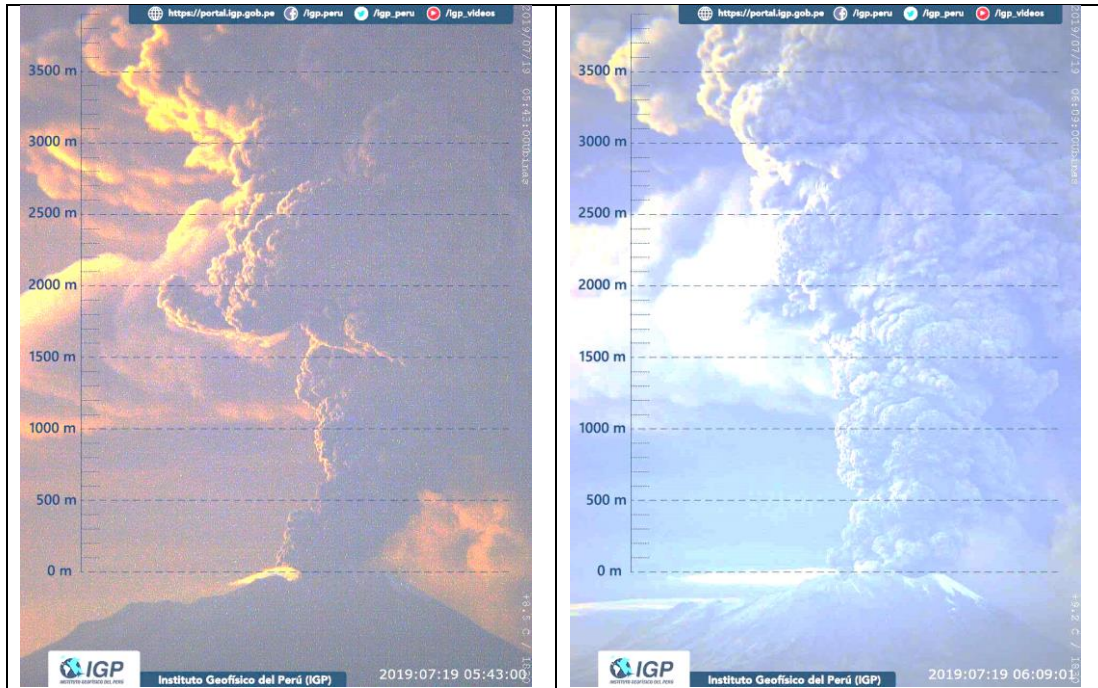


Figura 15.- Fotografías de la cámara de vigilancia del volcán Ubinas del día 19 de julio desde las 05:43 h. Nótese que la columna eruptiva sobrepasó la escala gráfica en la imagen superior a los 3500 m sobre la cima del volcán.

Las cenizas fueron dispersadas hacia los sectores este y sureste del cráter (Figura 16), alcanzando distancias mayores a los 250 km y afectando las regiones de Moquegua, Puno y Tacna, además cubrieron algunas ciudades del país de Bolivia, como La Paz (Figura 16). La población e infraestructura de las regiones de Moquegua, Tacna y Puno afectada por esta actividad eruptiva ascendió a 29 703 habitantes, 617 instituciones educativas y 20 establecimientos de salud (Reporte Complementario n.º 1528-21/07/2019/COEN-INDECI, Reporte n.º 04).

El día 19 de julio, en horas de la madrugada, el IGP, mediante el boletín vulcanológico n.º 017-2019, recomienda elevar el nivel de alerta de color amarillo a naranja; este incremento de nivel de alerta fue aprobado según Resolución Ejecutiva Regional n.º 306-2019-GR/MOQ (Anexo II). Este nuevo nivel de alerta involucraba implementar acciones de contingencia ante la caída de ceniza volcánica, así como iniciar la evacuación de los centros poblados asentados en un radio de hasta 15 km del volcán hacia el refugio provisional de Anascapa. En este escenario, la Gerencia Regional de Educación suspende las labores académicas en las zonas afectadas por la caída de cenizas. La oficina de GRD de la municipalidad de Ubinas hace entrega de mascarillas a toda la

población afectada y el COER Moquegua convoca a reunión de emergencia (Reporte Complementario n.º 23-19/07/2019/COER-Moquegua).



Figura 16.- Imagen satelital que muestra la dispersión de las cenizas volcánicas hacia los sectores este y sureste del volcán Ubinas.



Figura 17.- Fotografías del centro poblado de Ubinas tomadas el día 22 de julio. Se observa la afectación de la caída de cenizas en la agricultura y sobre la totalidad del distrito (Fotos M. Álvarez).

3.4 ACTIVIDAD SÍSMICA REGISTRADA ENTRE EL 24 DE JULIO Y 12 DE SEPTIEMBRE

Luego de registradas las mayores explosiones del actual proceso eruptivo ocurridas entre el 19 y 23 de julio (primera fase explosiva), en los días siguientes se continuó registrando importante actividad sísmica de tipo Tornillo (Fase A), considerada como precursora de erupciones volcánicas. Se observó un total de 78 sismos Tornillos entre el 30 de julio hasta el 5 de agosto 2019 (Figura 18).

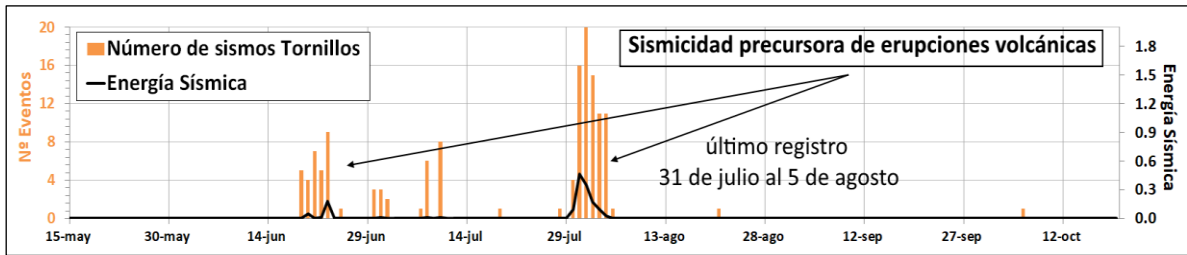


Figura 18.- Grupos de señales sísmicas de tipo "Tornillo" registrados en el volcán Ubinas hasta en dos ocasiones: entre el 19 y 23 de junio (previo al inicio de la erupción) y entre el 30 de julio al 5 de agosto, previo al reinicio de la actividad explosiva el 26 de agosto.

Asimismo, el IGP registró hasta 3 nuevos incrementos de la energía sísmica de los sismos de tipo Volcano-Tectónicos (VT) relacionados a la fase A del pronóstico de erupciones. El segundo de ellos, detectado el 23 de julio, alcanzó energías menores a 5.1 MJ (Figura 19A-2). En los siguientes días, persistía el incremento de las señales sísmicas de tipo Híbrido tanto en número como en energía (Fase B). En este nuevo escenario, la segunda fase explosiva se registra el 26 de agosto (Figura 19B-2).

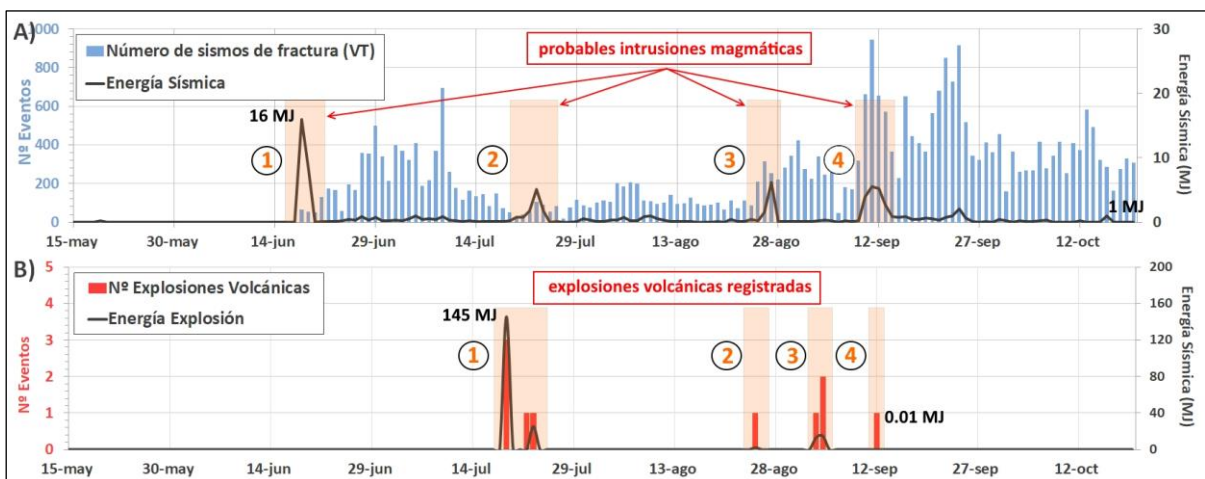


Figura 19.- Gráfica que muestra la actividad sísmica del Ubinas entre mayo y octubre de 2019. Se muestra la relación entre (A) el incremento de la energía sísmica de sismos tipo VT y (B) la generación de 4 fases explosivas observadas entre el 19 de julio y el 12 de septiembre.

El tercer incremento de la energía de los sismos de tipo VT se registró el 28 de agosto, con valores de hasta 6.2 MJ (Figura 19A-3). Seis días después, se registra un total de 3 explosiones ocurridas entre el 3 y 4 de septiembre, con una energía máxima de 13 MJ (Figura 19B-3).

El cuarto y último incremento de la energía de los sismos de tipo VT se observó el 12 de septiembre, que corresponde a energías sísmicas inferiores a 5.3 MJ (Figura 19A-4).

Durante ese mismo día, se registró la última explosión volcánica del Ubinas en lo que va del presente año. Este evento explosivo generó una energía muy pequeña (0.1 MJ), es decir, 63 veces menor a la registrada el día 19 de julio de 2019 (Figura 19B-4).

Estos 3 nuevos episodios, que corresponden a incrementos en la energía de sismos de tipo Volcano-Tectónicos (VT), estarían asociados a probables nuevas intrusiones o ascensos de magma con la consecuente generación de explosiones.

A la fecha de realización de este informe, no se ha registrado sismicidad de tipo "Tornillo", lo que indicaría que no existe presurización del sistema magmático y la probabilidad de registrar nuevas explosiones volcánicas es baja.

3.5 OTROS PARÁMETROS GEOFÍSICOS

3.5.1 Monitoreo Geodésico

El IGP, además de realizar el monitoreo sísmico, efectúa el monitoreo geodésico a través de equipos GPS e inclinómetros electrónicos. La estación geodésica GNSS, ubicada en el sector suroeste del volcán Ubinas (Figura 20), fue instalada el 20 de febrero de 2019. Esta no muestra anomalías importantes, excepto un cambio en la componente vertical que tiene una tendencia constante a elevarse desde los primeros días de abril hasta fines de agosto de 2019. Esta tendencia posiblemente esté asociada a una variación estacional (por épocas del año), ya que también ha sido observada en otras estaciones instaladas en otros volcanes peruanos. Es así que se tiene variaciones importantes alrededor del 22 de marzo y el 23 de septiembre, que coinciden con el inicio de las estaciones otoño y primavera, respectivamente.

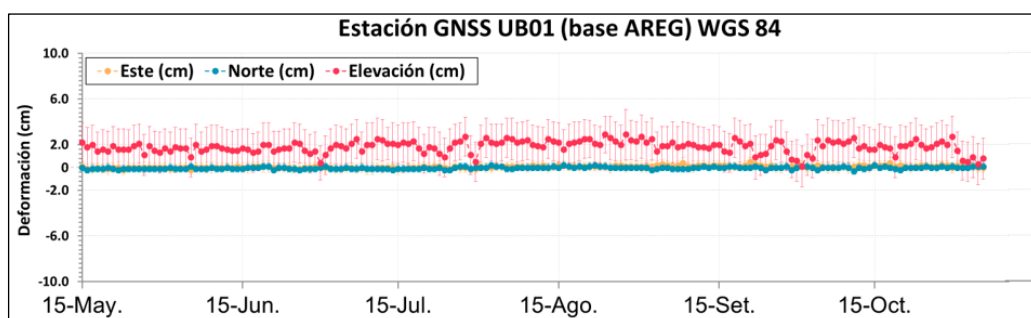


Figura 20.- Series de tiempo de la estación geodésica GNSS para el monitoreo del volcán Ubinas. Datos registrados desde el 15 de mayo al 6 de noviembre de 2019.

3.5.2 Monitoreo con Sensores Remotos

Durante el actual proceso eruptivo 2019, el sistema satelital MIROVA ha detectado varias anomalías térmicas con valores de entre 0.1 MW y 11 MW (Megawatts), las mismas que se relacionaron con el arribo de un cuerpo de lava a la superficie del cráter ocurrido probablemente entre el 15 y 24 de julio. Desde el 25 de julio, estas anomalías estarían asociadas a la proximidad de un cuerpo de magma a la superficie. Los valores registrados desde entonces muestran el descenso de sus niveles de radiancia (Figura 21-barras rojas).

En cuanto al registro satelital OMI-NASA, respecto a la densidad del gas SO₂ (gas magmático), este ha presentado valores de hasta 7.7 DU (Dobson Units) semanas previas al inicio de la fase explosiva más importante (19-24 de julio). Luego de esta, la densidad SO₂ no ha superado los 5 DU, que corresponden a valores moderados a bajos (Figura 21-barras azules).

El sobrevuelo de drones del IGP, realizado entre el 29 y 30 de agosto, ha confirmado que ya no existe un cuerpo de lava en el fondo del cráter del Ubinas (Figura 22).

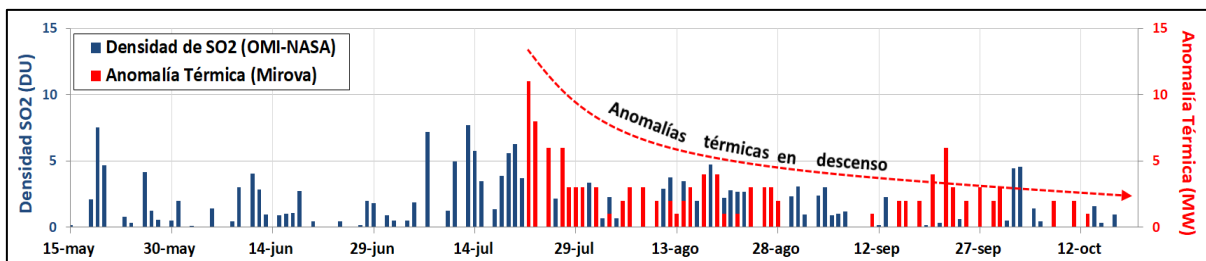


Figura 21.- Registro satelital de anomalías térmicas (MIROVA) y densidad del gas SO₂ (OMI-NASA). Se observa el descenso de los valores térmicos a la actualidad.



Figura 22.- Imagen del cráter del volcán Ubinas obtenida mediante el sobrevuelo de un dron efectuado los días 29 y 30 de agosto de 2019.

CAPITULO IV

CONTRIBUCIONES DEL IGP EN EL MANEJO DE LA CRISIS DEL VOLCÁN UBINAS

Una de las actividades más importantes desarrolladas desde el inicio del proceso eruptivo del volcán Ubinas tiene que ver, sin duda, con el accionar de las instituciones de primera respuesta ante la emergencia, las cuales, siguiendo las recomendaciones brindadas por el Instituto Geofísico del Perú, a través de la emisión oportuna de alertas y boletines vulcanológicos, procedieron a realizar acciones de prevención ante el incremento de la actividad eruptiva del volcán Ubinas.

4.1 DIFUSIÓN DE LA INFORMACIÓN

Respecto al actual proceso eruptivo del volcán Ubinas, el IGP ha realizado la publicación oportuna mediante boletines vulcanológicos sobre la actividad eruptiva y el comportamiento dinámico del volcán Ubinas (Figura 23) desde el registro de la intranquilidad con la difusión del boletín n.º 18-2019. Hasta la actualidad, se han emitido 17 boletines. Estos documentos contienen información sobre los cambios de actividad volcánica, recomendaciones y perspectivas a futuro del actual proceso eruptivo.

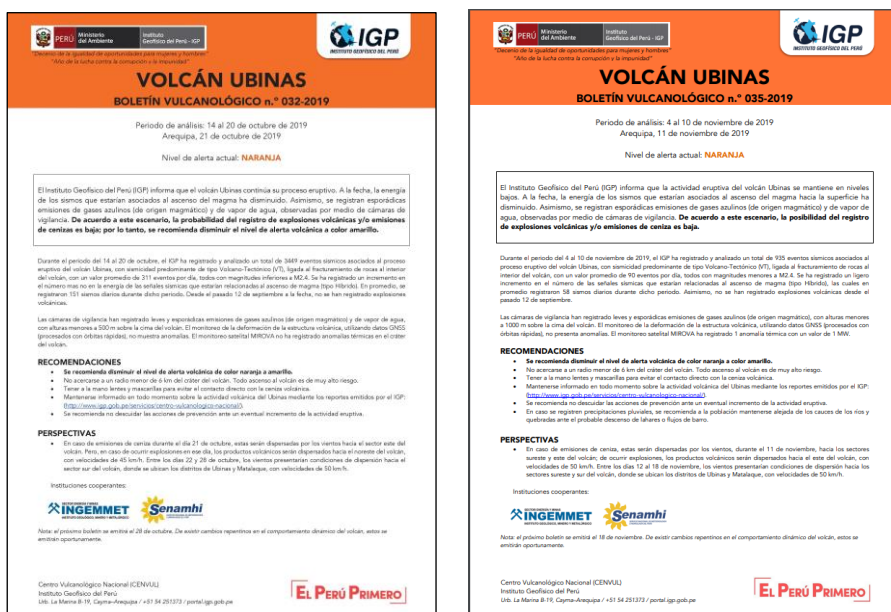


Figura 23.- Boletines vulcanológicos n.º 032-2019 y n.º 035-2019 en el que el IGP recomienda disminuir el nivel de alerta volcánica de color naranja a color amarillo.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



A partir del 21 de julio de 2019, la frecuencia en la emisión de la información proporcionada por el IGP, relacionada al proceso eruptivo del volcán Ubinas, se incrementó, reportando actualizaciones cada 6 y 12 horas, es decir, hasta 3 veces por día en los horarios de 08:00 h, 14:00 h y 20:00 h (Figura 24). Estas actualizaciones brindan información precisa a las autoridades e instituciones que gestionan el riesgo de desastres. Estos reportes fueron emitidos hasta el 14 de octubre, fecha en la cual el IGP recomienda disminuir el nivel de alerta a color amarillo.

Reporte Vulcanológico n.º 027-2019

Ubinas

ALERTA NARANJA

Fecha: 14 de octubre / 08:00 h

SITUACIÓN ACTUAL

En las últimas 24 horas, la energía de los sismos relacionados al ascenso de magma ha disminuido. Se continúan observando emisiones de gases magmáticos y de vapor de agua. No se observaron emisiones de ceniza. En este escenario, aunque la probabilidad de explosiones volcánicas es baja, se recomienda no descuidar las acciones de prevención.

Últimas 24 horas

- **EXPLOSIONES:** ninguna
- **SISMOS:** 357
- **EMISIONES DE CENIZA:** en caso de producirse en las siguientes horas, estas se dispersarían hacia el sector sur del volcán (distritos de Ubinas y Matalque). Ante una explosión, hacia el sector sureste con vientos de hasta 40 km/h.
- **DEFORMACIÓN:** no se registra en la última semana (6-12 de octubre)
- **ANOMALÍAS TÉRMICAS:** ninguna
- **RECOMENDACIÓN:** no acercarse a un radio menor de 10 km del cráter del volcán. Seguir las recomendaciones de las autoridades de Defensa Civil.

PERÚ Ministerio del Ambiente | IGP INSTITUTO GEOFÍSICO DEL PERÚ | Senamhi SERVICIO NACIONAL DE INVESTIGACIÓN EN ENERGÍA DEL PERÚ | EL PERÚ PRIMERO

Figura 24.- Reporte de actividad volcánica emitido de manera rápida con información precisa que describe las características de la actividad volcánica ocurrida en las últimas horas.

Además, se elaboraron dos informes técnicos (Del Carpio & Tavera, 2019; Del Carpio, 2019) que describen el proceso eruptivo y las características de la actividad explosiva del día 19 de julio del Ubinas, fecha en la cual las cenizas emitidas por el Ubinas viajaron a más de 250 km de distancia. Así como, el comportamiento dinámico del volcán Ubinas entre el 24 de julio y 21 de octubre. Ambos informes fueron entregados al Gobierno Regional de Moquegua y a la plataforma de defensa civil del GRM, así como al INDECI y a diferentes ministerios.

Para informar acerca de lo que viene sucediendo con el volcán Ubinas, el IGP emplea diversos canales de comunicación como la aplicación móvil "Volcanes Perú" (Figura 25), la página web del Centro Vulcanológico Nacional (CENVUL) y las redes sociales oficiales del Instituto Geofísico del Perú. En el caso de medios de comunicación, se generan productos periodísticos como notas de prensa y comunicados, los que son distribuidos a medios de comunicación escritos, radiales y televisivos.

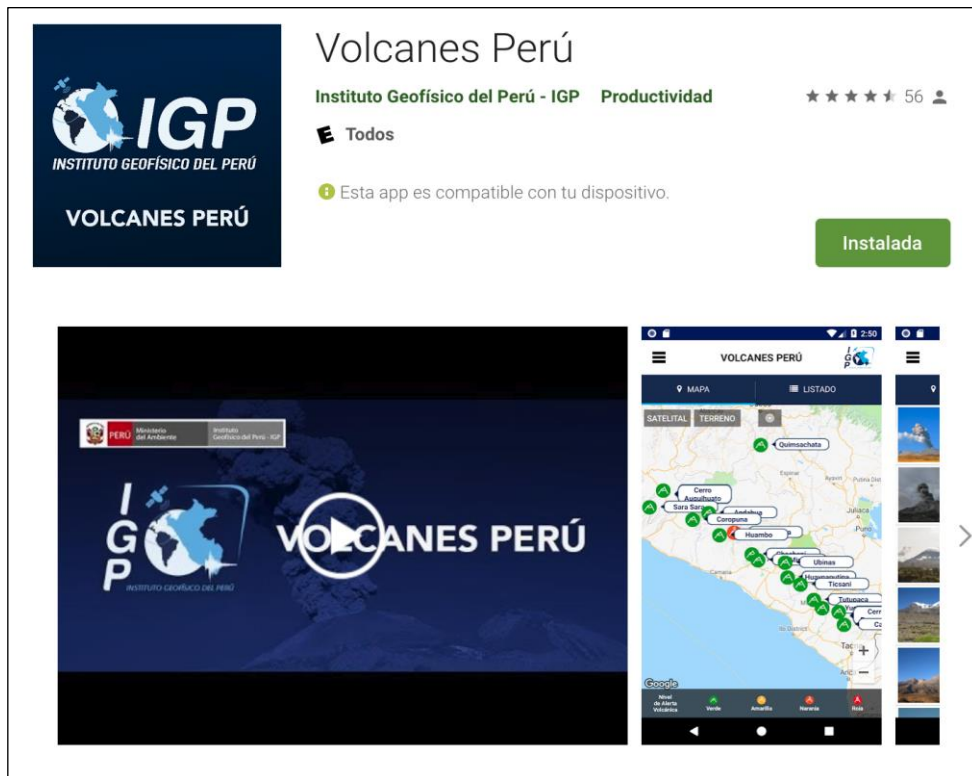


Figura 25.- Aplicativo móvil "Volcanes Perú" disponible para los sistemas operativos Android e iOS.

4.2 ASESORAMIENTO A AUTORIDADES

Desde el inicio del actual proceso eruptivo, el IGP ha participado en varias reuniones efectuadas en Moquegua, Ubinas y Lima para el manejo de la crisis volcánica. A continuación, se describe algunas de las actividades desarrolladas:



Figura 26.- Informando de primera mano al presidente de la República, Martín Vizcarra, sobre el actual proceso eruptivo 2019.

4.2.1 Reuniones con el GORE Moquegua

Desde el inicio de la crisis eruptiva, el 24 de junio de 2019, el IGP ha mantenido continua comunicación con el Centro de Operaciones de Emergencia Regional del GORE Moquegua. En ese sentido, ha brindado la información técnica-científica oportuna sobre el comportamiento dinámico del volcán Ubinas, así como perspectivas y recomendaciones basados en datos geofísicos provenientes de la red de monitoreo permanente y en tiempo real. Dicha información ha servido de insumo principal y de sustento técnico al momento de recomendar la elevación de los niveles de alerta volcánica amarilla y naranja. Asimismo, esta información es base para las instituciones que componen el SINAGERD, a fin de sustentar el conjunto de procesos que estas desarrollen para la atención de la población.

Las reuniones realizadas en la ciudad de Moquegua han tenido el objetivo principal de realizar el sustento técnico para recomendar elevar el nivel de alerta volcánica a color

amarillo (24 de junio), color naranja (19 de julio) y, finalmente, bajar a color amarillo (22 de octubre).



Figura 27.- Reunión de coordinación realizada en el centro poblado de Ubinas el 19 de julio de 2019.

Otro objetivo importante de participar de las reuniones en Moquegua era el de proporcionar información actualizada sobre el comportamiento dinámico de la actividad eruptiva del volcán Ubinas, ello para efectos de la declaratoria del estado de emergencia y su posterior prórroga (Figura 27).



Figura 28.- Reunión extraordinaria con autoridades del GORE Moquegua coordinando la respuesta ante la actividad volcánica del Ubinas.

4.2.2 Asesoramiento en la evacuación de centros poblados

En julio de 2019, se realizó la evacuación de los centros poblados localizados en zonas de alto riesgo volcánico: Ubinas, Escacha, Querapi, San Miguel y Tonohoya. Dicha evaluación, realizada por etapas, culminó el 30 de julio. Durante la instalación de los albergues temporales en la zona de Anascapa (12 km del volcán), el IGP acompañó al INDECI (Figura 28) asesorando en la parte técnica-científica sobre el desarrollo del proceso eruptivo y actualizando con información de primera mano en tiempo real. De esta manera, el IGP se involucra en actividades para aplicar el conocimiento científico en los procesos de desarrollo humano, social, territorial y sectorial.



Figura 29.- Evacuación de la población del distrito de Ubinas hacia el albergue de Anascapa.



Figura 30.- Personal profesional del IGP acompaña al jefe Nacional del INDECI, General Jorge Chávez, en la supervisión del albergue instalado en Anascapa, distrito de Ubinas.

4.2.3 Asesoramiento para establecer los sitios de refugios

En el boletín vulcanológico n.º 019-2019, el IGP recomendó a las autoridades evacuar a los centros poblados de Querapi, Ubinas, Tonohaya, Escacha, San Miguel, Huatagua, San Carlos de Tite y Santa Rosa de Para a una distancia no menor de 15 km del cráter del volcán. El GORE Moquegua propuso la zona de Sirahuaya como albergue temporal en caso de erupción volcánica (Figura 31). El Instituto Geofísico del Perú apoyó esta propuesta por encontrarse a una distancia segura con relación al cono volcánico.



Figura 31.- Albergue de Sirahuaya ubicado a 12 km del volcán Ubinas.

4.3 FUTUROS ESCENARIOS ERUPTIVOS

El 24 de junio de 2019, el volcán Ubinas, considerado uno de los volcanes más activos del Perú, inició un nuevo proceso eruptivo. De todo este proceso, la erupción del día 19 de julio fue la más importante, pues ese día se registraron intensas emisiones de cenizas que superaron los 6.5 km de altura sobre la cima del volcán. Estas emisiones fueron dispersadas por los vientos en dirección sureste y este del volcán, afectando poblados del valle de Ubinas y varios poblados localizados a más de 30 km al este y sureste del volcán de las regiones de Tacna y Puno.

Con base en el comportamiento presentado en los últimos 500 años y en los datos de monitoreo que maneja el IGP, se presentan tres escenarios respecto al futuro del volcán Ubinas:

- 1) **Primer escenario:** considera que la actual actividad explosiva leve a moderada del Ubinas cese y este volcán permanezca por varios meses o años en calma.
- 2) **Segundo escenario:** considera una reactivación del Ubinas en los próximos meses, con erupciones leves a moderadas de tipo vulcaniana, la cual continuaría generando caída de cenizas y, eventualmente, emitiendo bloques incandescentes en áreas aledañas al volcán (en un radio de 2-3 km del cráter). Las zonas próximas al volcán, localizadas en un radio de 15 km donde se ubican los poblados de Ubinas, Tonohaya, Sacohaya, Escacha, San Miguel y Huatagua, serían las más afectadas por la caída de cenizas. Desde luego, las emisiones de cenizas en este tipo de actividad pueden alcanzar distancias de más de 40 km afectando poblados lejanos.

Durante una erupción de tipo vulcaniana con IEV 2, como la que actualmente está presentando el Ubinas, pueden producirse flujos piroclásticos de poco volumen que pueden descender a más de 3 km de distancia del volcán.

- 3) **Tercer escenario:** la actividad del volcán Ubinas puede ser aún más explosiva y violenta que la registrada el 19 de julio de 2019, la que generaría caída de cenizas y, eventualmente, emitiría bloques incandescentes en áreas aledañas al volcán (en un radio mayor de 2 km del cráter). Durante una erupción de tipo vulcaniana con IEV 3, como lo que ha presentado el Ubinas en 1677, pueden producirse flujos piroclásticos que descenderían a más de 4 km del volcán. La posibilidad de ocurrencia de flujos piroclásticos en el volcán Ubinas es de baja a moderada. Este proceso podría incluso desestabilizar un sector del flanco sur del Ubinas y producir depósitos de avalanchas de escombros que alcanzarían distancias mayores a 6 km del volcán.

Afortunadamente, el monitoreo volcánico permanente que realiza el IGP a través del CENVUL permitirá alertar a las autoridades y población sobre el estado del volcán para la prevención y/o mitigación de desastres.

CONCLUSIONES

- El 18 de junio de 2019, el IGP registró un incremento sustancial de la actividad sísmica del volcán Ubinas que devino en la ocurrencia del actual proceso eruptivo, el mismo que inició el pasado 24 de junio y alcanzó su etapa eruptiva más importante el 19 de julio tras producirse tres explosiones que liberaron un máximo de 63 MJ de energía. Estos eventos generaron columnas eruptivas que sobrepasaron los 6000 m de altura sobre la cima del volcán. Debido a ello, en la madrugada del 19 de julio, se realizó la recomendación a las autoridades del Gobierno Regional de Moquegua de elevar el nivel de alerta de amarillo a naranja.
- Gracias a la investigación científica realizada a partir de los datos geofísicos adquiridos por las redes de monitoreo del Instituto Geofísico del Perú, se ha desarrollado un modelo de pronóstico de erupciones volcánicas. Este pronóstico de erupciones ha sido aplicado exitosamente por el CENVUL en beneficio de la población del valle de Ubinas, al alertar oportunamente a las autoridades, en todos los niveles de gobierno, sobre el desarrollo de un nuevo proceso eruptivo del volcán Ubinas ocurrido en junio de 2019.
- Antes y durante el proceso eruptivo actual se ha informado pertinentemente a las autoridades y población, mediante la difusión de alertas y boletines vulcanológicos y comunicación telefónica, del desarrollo de este proceso eruptivo 2019. Se han emitido, desde el inicio de la intranquilidad a la fecha, 17 boletines vulcanológicos que han sido difundidos a través de diversos canales de comunicación (aplicación móvil Volcanes Perú, redes sociales, página web del CENVUL). En el contexto del nivel de alerta naranja, se publicaron reportes vulcanológicos diariamente.
- El IGP, desde antes del inicio de la erupción del volcán Ubinas, en junio de 2019, ha venido asesorando continuamente a las autoridades de INDECI, Gobiernos Regionales de Moquegua y Arequipa, así como a los alcaldes de los pueblos afectados por la actividad volcánica en la toma de decisiones con respecto a la crisis eruptiva. Además, a través de la información técnico-científica, se ha realizado el sustento para recomendar los cambios de nivel de alerta y el estado de emergencia.
- Con base en el comportamiento presentado durante los últimos 500 años, actividad reciente (2006-2009; 2013-2017) y en los datos de monitoreo que maneja el CENVUL,

se presentan tres escenarios para el volcán Ubinas: 1) **Primer escenario**: considera que la actividad actual cese y este volcán permanezca por varios meses o años en calma. 2) **Segundo escenario**: considera una reactivación del Ubinas durante los próximos meses, con erupciones leves a moderadas (IEV 2), la cual continuaría generando caída de ceniza. Las zonas próximas al volcán, localizadas en un radio de 15 km donde se ubican los poblados de Ubinas, Tonohaya, Sacohaya, Escacha, San Miguel y Huatagua, serían las más afectadas por la caída de ceniza. Durante una erupción de tipo vulcaniana con IEV 2, pueden producirse flujos piroclásticos de poco volumen que descenderían a más de 3 km del cráter. 3) **Tercer Escenario**: la actividad del volcán Ubinas podría ser aún más explosiva que la registrada el 19 de julio de 2019 (IEV 3), la cual continuaría generando caída de cenizas y, eventualmente, emitiendo bloques incandescentes en un radio mayor de 2 km del cráter. Durante una erupción, podrían producirse flujos piroclásticos que descenderían a más de 4 km del volcán. Este proceso incluso puede desestabilizar un sector del flanco sur del Ubinas y producir depósitos de avalanchas de escombros que alcanzarían distancias mayores a 6 km del cráter del volcán.

- Actualmente, todos los parámetros de monitoreo geofísico (sísmico, geodésico, visual y satelital) han registrado la disminución en el número y energía de sismos. Desde el 12 de septiembre de 2019, ya no se registran explosiones y tan solo se observan tenues emisiones de gases magmáticos y de vapor de agua. No existe evidencia de deformación del edificio volcánico. En este nuevo escenario, el IGP ha recomendado disminuir el nivel de alerta de color naranja a color amarillo.
- El conocimiento científico que genera el IGP es de gran utilidad y tiene valor social. En ese sentido, el modelo de pronóstico de erupciones implementado proveerá a las instituciones del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD), en los tres niveles de gobierno, la información técnico-científica temprana sobre el peligro volcánico, a fin de sustentar el conjunto de medidas y acciones para la preparación y protección de la población.

BIBLIOGRAFÍA

COEN, 2019. Explosión volcánica afecta a los departamentos de Moquegua, Arequipa, Tacna y Puno. Reporte Complementario n° 1528 - 21/07/2019 / COEN – INDECI.

Del Carpio J., Macedo O., Puma N., Centeno R., Torres J., Cruz J., 2016. Características de la actividad sísmica en el proceso eruptivo 2013-2015 del volcán Ubinas. XVIII Congreso Peruano de Geología.

Del Carpio J., Tavera H., Macedo L., Machaca R., Puma N., Cruz J., Centeno R., Torres J., Vargas K., Lazarte I., Palza H., Concha J., 2019. Evaluación del proceso eruptivo del volcán Ubinas de julio 2019. Instituto Geofísico del Perú.

Diario "El Pueblo", de fechas: 11 de enero y 30 de junio - 1936, 25 de mayo y 10 y 22 de junio - 1937, 24 de julio, 13 de setiembre - 1951, 1 y 19 de junio y 4 de julio de 1969; Arequipa – Perú

Johnson J. B., Aster R. C., 2005. Relative partitioning of acoustic and seismic energy during Strombolian eruptions. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 148 (2005) 334 – 354.

Lahr J., Chouet B., Stephens C., Power J., Page R., 1994. Earthquake classification, location and error analysis in a volcanic environment: implications for the magmatic system of the 1989-1990 eruptions at Redoubt volcano, Alaska. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 62, 137-151.

Macedo O., Métaixian J-Ph, Taïpe E., Ramos D., 2008. Actividad sísmo-volcánica asociada a la erupción del volcán Ubinas en 2006-2008. XIII Congreso Latinoamericano de Geología; XIV Congreso Peruano de Geología.

Reporte Complementario N°23-19/07/2019-COER-Moquegua/09:00horas. Reactivación del volcán Ubinas, distrito de Ubinas, Provincia Sánchez Cerro, Región Moquegua (complementario 4).

Reporte Complementario N°1528-21/07/2019/COEN-INDECI/08:00horas (Reporte N°04). Explosión volcánica afecta a los departamentos de Moquegua, Arequipa, Tacna y Puno.

Rivera, M., Thouret, J.C., Gourgaud, A., 1998. Ubinas, el volcán más activo del sur del Perú desde 1550: Geología y evaluación de las amenazas volcánicas. Bol. Soc. Geol. Perú 88, 53–71.

Rivera M. (2010). "Genèse et évolution des magmas andésitiques à rhyodacitiques récents des volcans Misti et Ubinas (Sud du Pérou)". Tesis de doctorado, Univ. Blaise Pascal (Francia).

Thouret J-C., Rivera M., Wörner G., Gerbe M., Finizola A., Fornari M., Gonzales K., (2005). Ubinas: the evolution of the historically most active volcano in southern Perú. Bulletin of Volcanology 67; 557-589 pp.



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



ANEXO I



PERÚ

Ministerio del Ambiente



Resolución Ejecutiva Regional

N° — 282-2019-GR/MOQ

Fecha: — 27 de junio del 2019



Gerencia General Regional, y;

VISTO:

El Informe N° 453-2019-GRM/GGR-GRRNA y el proveído favorable de la

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 191° y 192° de la Constitución Política del Perú modificada por Ley de Reforma Constitucional N° 27680, establecen, respectivamente, que los Gobiernos Regionales tienen autonomía política, económica y administrativa en los asuntos de su competencia y que son competentes para aprobar su organización interna y su presupuesto;

Que, mediante Ley N° 29664 – Ley que crea el Sistema Nacional del Gestión de Riesgo de Desastres (SINAGERD), se crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres como un sistema interinstitucional, sinérgico, descentralizado, transversal y participativo, que tiene por finalidad identificar y reducir los riesgos asociados a peligros o minimizar sus efectos, así como evitar la generación de nuevos riesgos y la preparación y atención ante situaciones de desastre mediante el establecimiento de principios, lineamientos de política, componentes, procesos e instrumentos de la Gestión de Riesgos de Desastres (GRD);

Que, al respecto el Artículo 11 del Reglamento de la Ley N° 29664, Ley que crea el Sistema Nacional del Gestión de Riesgo de Desastres (SINAGERD), aprobado por Decreto Supremo N° 048-2011-PCM, precisa en su numeral 11.3, que los Gobiernos Regionales "identifican el nivel de riesgo existente en sus áreas de jurisdicción y establecen un plan de gestión correctiva del riesgo, en el cual se establecen medidas de carácter permanente en el contexto del desarrollo e inversión. Para ello cuentan con el apoyo técnico del CENEPRED y de las instituciones competentes". Asimismo, en el numeral 11.7 establece que "los presidentes regionales y los alcaldes, constituyen y presiden los grupos de trabajo de la Gestión del Riesgo de desastres como espacios internos de articulación para la formulación de normas y planes, evaluación y organización de los procesos de gestión del riesgo de desastre en el ámbito de su competencia". También en el numeral 11.10, literal c) se establece que los Gobiernos Regionales son responsables de "Organizar y ejecutar acciones de prevención de desastres y brindar ayuda directa e inmediata a los damnificados y la rehabilitación de las poblaciones afectadas";

Que, mediante Informe N° 453-2019-GRM/GGR-GGR-GRRNA, de fecha 25 de junio del 2019, el Gerente Regional de Recursos Naturales y Ambiente del Gobierno Regional de Moquegua informa que, de acuerdo a lo indicado por la Coordinación del COER Moquegua y por el Instituto Geofísico del Perú – IGP, mediante los reportes de Actividad Volcánica N° 013-2019 y 014-2019 del Volcán Ubinas, es recomendable elevar el nivel de alerta de color verde a amarillo, puesto que se ha iniciado un nuevo proceso eruptivo, registrándose el aumento de la actividad sísmica, movimiento de fluido magmático y emisiones continuas de cenizas, gases y vapor de agua, recomendando adicionalmente que la población cercana debe utilizar mascarillas y lentes para evitar daños a la salud;

Que, en efecto, el IGP mediante Reporte de Actividad Volcánica N° 013-2019, período de análisis del 19 al 21 de junio del 2019, recomienda a las autoridades elevar el nivel de alerta de color verde a amarillo, debido a que, del día 19 al 21 de junio del 2019, se ha registrado sismicidad relacionada al movimiento de fluidos volcánicos (vapor de agua y gases magmáticos) con un total de 14 señales; asimismo, informa que los sismos asociados a procesos de ruptura de rocas al interior del volcán, mantienen el incremento observado desde el 18 de junio, registrando un promedio de 63 eventos por día. Asimismo, mediante el Reporte de Actividad Volcánica N° 013-2019, se describe la misma situación.

Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 19, numeral 19.3 del Reglamento de la Ley N° 29664, Ley que crea el Sistema Nacional del Gestión de Riesgo de Desastres (SINAGERD), aprobado por Decreto Supremo N° 048-2011-PCM, el Gobernador Regional constituye, preside y convoca la Plataformas de Defensa Civil;





PERÚ

Ministerio del Ambiente



Resolución Ejecutiva Regional

Nº — 282-2019-GR/MOQ

Fecha: —27— de junio del 2019

Que, de conformidad con lo establecido en la Ley N° 29664, Ley de Creación del Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres y su Reglamento aprobado mediante Decreto Supremo N° 048-2011-PCM, y de acuerdo a lo establecido en el artículo 21, literal d) de la Ley N° 27867 y visaciones respectivas;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO: DECLARAR Alerta Volcánica Amarilla en la zona de influencia del volcán Ubinas, del distrito de Ubinas de la Provincia General Sánchez Cerro, en tanto dure la actividad eruptiva freática de dicho volcán y la institución científica recomiende el cambio de nivel de alerta.

ARTÍCULO SEGUNDO: DISPONER, que Sistema Regional de Defensa Civil en coordinación con INDECI implemente las acciones necesarias de prevención y respuesta frente al actual proceso eruptivo del volcán Ubinas.

ARTÍCULO TERCERO: REMITIR, copia de la presente Resolución a la Gerencia General Regional, Consejo Regional, Órgano Regional de Control Institucional, Oficina Regional de Planeamiento, Presupuesto y Acondicionamiento Territorial, Oficina Regional de Asesoría Jurídica, Oficina Regional de Administración, Gerencia Regional de Recursos Naturales y Medio Ambiente, COER, Oficina de Desarrollo Institucional y Tecnologías de la Información, así como a los demás interesados para su conocimiento y fines.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y CÚMPLASE



ZG019GR
CANTILORAJ
CC: Archivo



GOBIERNO REGIONAL MOQUEGUA

Prof. ZENÓN GREGORIO CUEVAS PARÉ
GOBERNADOR REGIONAL



PERÚ

Ministerio
del Ambiente



ANEXO II



PERÚ

Ministerio del Ambiente



Resolución Ejecutiva Regional

N° — 306-2019-GR/MOQ

Fecha: — 19 de julio del 2019

VISTO:

El Informe N° 352-2019/GRRNA-SGGRDDN y el proveído favorable de la Gerencia Regional de Recursos Naturales y Medio Ambiente y de la Oficina Regional de Asesoría Jurídica, y;

CONSIDERANDO:

Que, el artículo 191° y 192° de la Constitución Política del Perú modificada por Ley de Reforma Constitucional N° 27680, establecen, respectivamente, que los Gobiernos Regionales tienen autonomía política, económica y administrativa en los asuntos de su competencia y que son competentes para aprobar su organización interna y su presupuesto;

Que, mediante Ley N° 29664 – Ley que crea el Sistema Nacional del Gestión de Riesgo de Desastres (SINAGERD), se crea el Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres como un sistema interinstitucional, sinérgico, descentralizado, transversal y participativo, que tiene por finalidad identificar y reducir los riesgos asociados a peligros o minimizar sus efectos, así como evitar la generación de nuevos riesgos y la preparación y atención ante situaciones de desastre mediante el establecimiento de principios, lineamientos de política, componentes, procesos e instrumentos de la Gestión de Riesgos de Desastres (GRD);

Que, al respecto el Artículo 11 del Reglamento de la Ley N° 29664, Ley que crea el Sistema Nacional del Gestión de Riesgo de Desastres (SINAGERD), aprobado por Decreto Supremo N° 048-2011-PCM, precisa en su numeral 11.3, que los Gobiernos Regionales "identifican el nivel de riesgo existente en sus áreas de jurisdicción y establecen un plan de gestión correctiva del riesgo, en el cual se establecen medidas de carácter permanente en el contexto del desarrollo e inversión. Para ello cuentan con el apoyo técnico del CENEPRED y de las instituciones competentes". Asimismo, en el numeral 11.7 establece que "los presidentes regionales y los alcaldes, constituyen y presiden los grupos de trabajo de la Gestión del Riesgo de desastres como espacios internos de articulación para la formulación de normas y planes, evaluación y organización de los procesos de gestión del riesgo de desastre en el ámbito de su competencia". También en el numeral 11.10, literal c) se establece que los Gobiernos Regionales son responsables de "Organizar y ejecutar acciones de prevención de desastres y brindar ayuda directa e inmediata a los damnificados y la rehabilitación de las poblaciones afectadas";

Que, mediante Informe N° 352-2019/GRRNA-SGGRDDN, de fecha 19 de julio del 2019, el Sub Gerente de Gestión del Riesgo de Desastre y Defensa del Gobierno Regional de Moquegua informa que, de acuerdo a lo indicado por la Coordinación del COER Moquegua, mediante el Informe Complementario N° 023-19/07/2019/COER- Moquegua, se informa que el día de hoy 19 de julio del 2019 ha ocurrido una explosión del volcán Ubina del distrito de Ubina, afectando los distritos de Ubina, Matalaque, Omate, Quinistaquillas, San Cristobal, Cuchumbaya, Carumas, Yunga, Lloque, Ichuña y Chojata, y solicita que se eleve el nivel de alerta amarillo a naranja. En efecto, mediante el Reporte de Actividad Volcánica N° 017-2019 del Instituto Geofísico del Perú, de fecha 19 de julio del 2019, periodo de análisis del 16 al 19 de julio del 2019, se indica que "se han registrado 2 explosiones volcánicas del volcán Ubina y se ha incrementado la sismicidad (tipo temblor) que estarían relacionados a intensas emisiones de ceniza que caen en el valle de Ubina. Asimismo, indica que se continúa registrando señales volcánicas relacionadas al movimiento de fluidos (vapor de agua, gases y magma) con un promedio de 120 eventos por día. Los eventos asociados a procesos de ruptura de rocas al interior del volcán se mantienen altos, a razón de 140 sismos por día." La recomendación que de dicho reporte consiste en que las autoridades eleven el nivel de alerta de amarillo a naranja.

Que, mediante Resolución Ejecutiva Regional N° 282-2019-GR/MOQ, de fecha 27 de junio del 2019, la Gobernación Regional del Gobierno Regional de Moquegua declaró la alerta volcánica Amarilla en la zona de influencia del volcán Ubina del distrito de la Provincia General Sánchez Cerro, en tanto dure la actividad eruptiva freática de dicho volcán y la institución científica recomiende el cambio de nivel de alerta.

Que, de acuerdo a lo establecido en el artículo 19, numeral 19.3 del Reglamento de la Ley N° 29664, Ley que crea el Sistema Nacional del Gestión de Riesgo de Desastres (SINAGERD),





PERÚ

Ministerio del Ambiente



Resolución Ejecutiva Regional

N° — 306-2019-GR/MOQ

Fecha: —19 de julio del 2019

aprobado por Decreto Supremo N° 048-2011-PCM, el Gobernador Regional constituye, preside y convoca la Plataformas de Defensa Civil;

Que, de conformidad con lo establecido en la Ley N° 29664, Ley de Creación del Sistema Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres y su Reglamento aprobado mediante Decreto Supremo N° 048-2011-PCM, y de acuerdo a lo establecido en el artículo 21, literal d) de la Ley N° 27867 y visaciones respectivas;

SE RESUELVE:

ARTÍCULO PRIMERO: VARIAR la DECLARATORIA DE ALERTA VOLCÁNICA AMARILLA a la DECLARATORIA DE ALERTA VOLCANICA NARANJA en la zona de influencia del volcán Ubinas, del distrito de Ubinas de la Provincia General Sánchez Cerro, en tanto dure la actividad eruptiva freática de dicho volcán y la institución científica recomiende el cambio de nivel de alerta.

ARTÍCULO SEGUNDO: DISPONER, que Sistema Regional de Defensa Civil en coordinación con INDECI implemente los planes y acciones de contingencia ante la caída de ceniza para evitar daños en la zona de influencia y todas las demás acciones necesarias de prevención y respuesta inmediata frente al actual proceso eruptivo del volcán Ubinas.

ARTÍCULO TERCERO: REMITIR, copia de la presente Resolución a la Gerencia General Regional, Consejo Regional, Órgano Regional de Control Institucional, Oficina Regional de Planeamiento, Presupuesto y Acondicionamiento Territorial, Oficina Regional de Asesoría Jurídica, Oficina Regional de Administración, Gerencia Regional de Recursos Naturales y Medio Ambiente, COER, Oficina de Desarrollo Institucional y Tecnologías de la Información, así como a los demás interesados para su conocimiento y fines.

REGÍSTRESE, COMUNÍQUESE Y CÚMPLASE



GOBIERNO REGIONAL MOQUEGUA
Prof. ZENÓN GREGORIO CUEVAS PARE
GOBERNADOR REGIONAL



ZCOPDR
CANTUCORAJ
CC. Archivo