

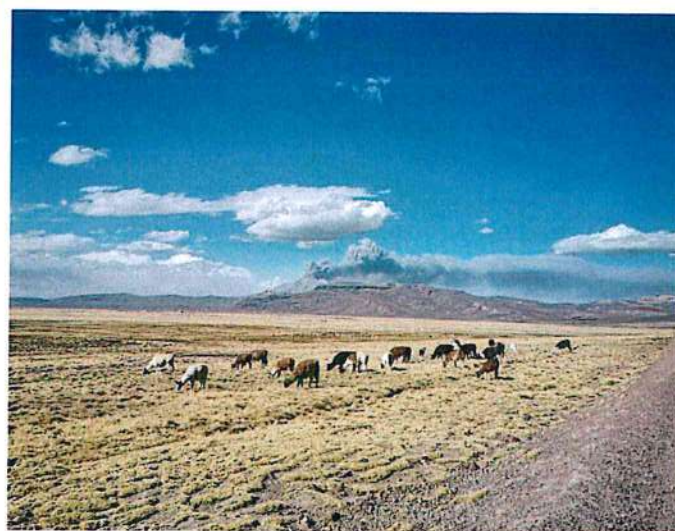
DIRECCIÓN DE GEOLOGÍA AMBIENTAL Y RIESGO GEOLÓGICO

Informe Técnico N° A6932

EVALUACIÓN DE PELIGROS VOLCÁNICOS DEL SECTOR DE SAN JUAN DE TARUCANI



Región Arequipa
Provincia Arequipa
Distrito San Juan de Tarucani



AGOSTO
2019

Contenido

RESUMEN	4
I. INTRODUCCIÓN	5
1.1 Antecedentes	6
1.2 Objetivo	6
1.3 Ubicación	6
1.4 Aspectos Socioeconómicos	7
II. ACTIVIDAD VOLCÁNICA DEL UBINAS (1550 d.c. - actualidad)	9
III. ACCIONES TOMADAS POR INGEMMET FRENTE AL ACTUAL PROCESO ERUPTIVO	10
3.1 Monitoreo de la actividad del volcán Ubinas	11
3.1.1 <i>Monitoreo y vigilancia con método sísmico y visual</i>	11
3.1.2 <i>Seguimiento y vigilancia con método geoquímicos de gases (SO₂)</i>	14
3.1.3 <i>Seguimiento y vigilancia con método geodésicos</i>	14
3.1.4 <i>Monitoreo y vigilancia con imágenes satelitales</i>	15
3.1.5 <i>Monitoreo y análisis preliminar de la caída de ceniza</i>	18
IV. MAPA DE PELIGROS DEL VOLCÁN UBINAS	20
4.1 Mapa de peligros de la zona proximal para peligros múltiples	20
4.2 <i>Mapa de peligros por caídas de ceniza y lapilli</i>	22
V. CONCLUSIONES	24
VI. RECOMENDACIONES	25
BIBLIOGRAFÍA	26

TABLA DE FIGURAS

Figura 1: Vista de la columna eruptiva del volcán Ubinas, desde estancia de San Juan de Tarucani, el día 22 de julio..... 7

Figura 2: Mapa de Ubicación de los anexos del distrito de San Juan de Tarucani, los cuales se encuentran entre 5 y 40 km del volcán Ubinas.Cambiar..... 8

Figura 3: Red de instrumentos empleados para el monitoreo del volcán Ubinas..... 10

Figura 4: Correlación entre la actividad interna (sismicidad) y la actividad externa (emisiones de ceniza) del volcán Ubinas del día 24 de junio, fecha de inicio del actual proceso eruptivo del volcán..... 11

Figura 5: Correlación entre la actividad interna (sismicidad) y la actividad externa (emisiones) del volcán Ubinas correspondiente al día 18 de julio. 12

Figura 6: Correlación entre la actividad interna (sismicidad) y la actividad externa (emisiones de ceniza) del volcán Ubinas correspondiente al día 19 de julio. 13

Figura 7: Correlación entre la actividad interna (sismicidad) y la actividad externa (emisiones) del volcán Ubinas correspondiente al día 22 de julio. 13

Figura 8: Flujos del gas magmático SO2 en el volcán Ubinas, durante los años 2013-2019..... 14

Figura 9: Se puede observar que la estación UBGW se fue alejando con respecto a la estación UBHU. Lo que indica el ascenso de un cuerpo magmático que ha desplaza a la estación UBGW..... 15

Figura 10: Imagen satelital SENTINEL 3 – OLCI, del 24 de junio del 2019. Se muestra la pluma volcánica siendo dispersada por el viento en dirección N - NE. Los anexos y caseríos afectados fueron: Carmen Chaclaya, Huancarane, Huarayane, Pausa, Chalhuane, Cuevillas, Pilluni y Pucutac. 16

Figura 11: Imagen satelital CIRA del 19 de julio de 2019 que muestra la pluma volcánica siendo dispersada por el viento en dirección E - SE..... 17

Figura 12: Imagen satelital PerúSAT-1 del día 22 de julio de 2019 que muestra la pluma en dirección sureste..... 17

Figura 13: Mapa que muestra los espesores de los depósitos de caída de ceniza en los pueblos del valle de Ubinas. 18

Figura 15: Medición de espesor de caída de ceniza en el sector de Escacha a 9 km del volcán Ubinas..... 19

Figura 14: Medición de espesor de caída de ceniza en el sector de Volcanmayo a 5 km del volcán Ubinas. 19

Figura 16: a) Fragmentos líticos de hasta 2.5 cm, las muestras se tomaron a 3 km del volcán en la estación UBN02, la cual, se encuentra en dirección sureste. b) Ceniza recolectada en el pueblo de Ubinas, el cual, está localizado a 6 km del volcán. 19

Figura 17: El Distrito de San Juan de Tarucani, no se encuentra dentro del mapa proximal para peligros múltiples de volcán Ubinas; pero podría verse afectada por la caída de ceniza 21

Figura 18: Según el mapa de peligros por caída de cenizas el distrito de San Juan de Tarucani podría verse afectado por caídas de ceniza del volcán Ubinas, si la dirección del viento cambiara hacia el oeste-noroeste. 23

RESUMEN

El 24 de junio del presente año se inició un nuevo proceso eruptivo del volcán Ubinas con emisión de cenizas que fueron dispersadas hacia el norte llegando aproximadamente a 40 km del volcán. Las primeras explosiones y emisiones ocurrieron el día 19 de julio generando una columna eruptiva de 6.5 km de altura sobre la cima del volcán, cuyas cenizas luego se dispersaron en dirección Este y Sureste a más de 250 km del volcán. Posteriormente, el 22 de julio a las 23:25 horas se produjo otra explosión que generó una columna eruptiva de 4 km y emitió bloques incandescentes los cuales alcanzaron las laderas del volcán en un radio de 3 km.

Frente a la actual actividad del volcán Ubinas la congresista del Perú Alejandra Aramayo Gaona, solicitó al INGEMMET **“La evacuación de los pobladores del distrito de San Juan de Tarucani” y un informe sobre las acciones realizadas por INGEMMET respecto a las erupciones del Volcán Ubinas que viene afectando a los pobladores de San Juan de Tarucani.**

Según el ROF del INGEMMET (Decreto Supremo Nro. 035-2007-EM, ver Anexo), en el Artículo 3, dentro sus Ámbitos de Competencia y Funciones, señala entre otras funciones **“Identificar, estudiar y monitorear los peligros asociados a movimientos en masa, actividad volcánica, aluviones, tsunamis y otros”**. Es importante señalar que INGEMMET como Institución Científica sugiere la evacuación de los pueblos que se encuentran en alto peligro, sin embargo, no está dentro de sus funciones evacuar a la población.

Las acciones tomadas por INGEMMET ante la actividad del volcán Ubinas son: los monitoreos sísmico, geodésico, geoquímico de aguas, deformación de la estructura del volcán (con imágenes satelitales) y el desplazamiento de cenizas emitidas por el volcán Ubinas.

En el distrito de San Juan de Tarucani el 24 de junio, se registraron caídas de cenizas emitidas por el volcán Ubinas. Actualmente, la dispersión de las cenizas, tienen una dirección sureste-este según datos proporcionados por el SENAMHI.

Sin embargo, este centro poblado podría ser afectado en futuras explosiones y emisiones de cenizas en caso cambiara la dirección del viento hacia el noroeste-oeste.

Recomendamos que el Gobierno Regional de Arequipa implemente medidas de mitigación frente a la caída de ceniza, proporcionando a los pobladores implementos de protección personal, como mascarillas y lentes, y si persiste la erupción se recomendaría la evacuación de los poblados y anexos cercanos al volcán Ubinas.

EVALUACIÓN DE PELIGROS VOLCÁNICOS DEL SECTOR DE SAN JUAN DE TARUCANI (Distrito San Juan de Tarucani, Provincia y Región Arequipa)

I. INTRODUCCIÓN

El Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET) es una entidad rectora de la geología en el país. Según el ROF del INGEMMET (Decreto Supremo Nro. 035-2007-EM, ver Anexo), en el Artículo 3, dentro sus Ámbitos de Competencia y Funciones, señala entre otras funciones ***“Identificar, estudiar y monitorear los peligros asociados a movimientos en masa, actividad volcánica, aluviones, tsunamis y otros”***.

El INGEMMET, dentro de sus funciones brinda asistencia técnica de calidad e información actualizada, confiable, oportuna y accesible en geología, que permite identificar, caracterizar, evaluar y diagnosticar aquellas zonas urbanas o rurales, que podrían verse afectadas por fenómenos geológicos que pudiera desencadenar en desastres. Estos estudios, concebidos principalmente como herramientas de apoyo a la planificación territorial y la gestión del, son publicados en boletines, y reportes técnicos.

Asimismo, en el Artículo 21, numeral 2, se establece que la Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico ***“es el órgano de línea del INGEMMET que realiza investigaciones, programas y proyectos Geoambientales, Geotécnicos y de Evaluación y Monitoreo de Peligros Geológicos del territorio nacional”***. Además, indica que está dentro de sus funciones, ***“realizar la evaluación, monitoreo y elaboración de los mapas de peligros geológicos (deslizamientos, aluviones, aludes, volcanes, fallas activas y tsunamis”***.

Una de las actividades particulares del INGEMMET, a través de su Programa de Investigación de Riesgo Geológico en el territorio por intermedio del Observatorio Vulcanológico del INGEMMET (OVI), creado por Resolución de Presidencia Nro. 037-2013-INGEMMET/PCD, es la elaboración de mapas de peligros volcánicos. El OVI es un centro de estudio y monitoreo de volcanes en Perú, y parte del comité científico de Moquegua, cuyo fin es determinar la naturaleza y probabilidad de ocurrencia de una erupción volcánica, a través del monitoreo sistemático y constante; evaluar los tipos de peligros volcánicos en base a estudios geológicos; y proporcionar alertas oportunas a la sociedad sobre actividad volcánica inminente, a fin de reducir el riesgo de desastre en el sur del país.

Debido a la reciente actividad volcánica del Ubinas, iniciada el 24 de junio del presente año, el INGEMMET viene realizando el monitoreo permanente de la actividad volcánica informando a las autoridades sobre el estado del volcán y los efectos que generan las cenizas en el medio ambiente.

Por otro lado, la Congresista de la República, Alejandra Aramayo Gaona, a través del oficio N° 1824-2018-2019-AAG-C solicitó al INGEMMET ***“La evacuación de los pobladores del Distrito de San Juan de Tarucani” y un informe sobre las acciones realizadas por INGEMMET, respecto a las erupciones del Volcán Ubinas que viene afectando a los pobladores de San Juan de Tarucani***, cabe recalcar que INGEMMET como Institución Científica ***realiza la evaluación, monitoreo y elaboración de los mapas de peligros geológicos*** y sugiere la evacuación de los pueblos que se

encuentran en alto peligro, sin embargo no está dentro de sus funciones evacuar a la población.

1.1 Antecedentes

A raíz del inicio de la actividad eruptiva y fuerte emisión de ceniza del 19 de julio del presente año, se tuvo una reunión de emergencia en el Gobierno Regional de Arequipa, con la finalidad de informar sobre la actividad del volcán Ubinas y asesorar en la toma de decisiones (Comunicado N°001-2019).

Debido a la actividad del volcán Ubinas y a las noticias emitidas por los diarios, la congresista Alejandra Aramayo Gaona, a través del oficio N° 1824-2018-2019-AAG-C solicitó "La evacuación de los pobladores del distrito de San Juan de Tarucani y un informe sobre las acciones realizadas por INGEMMET, respecto a las erupciones del Volcán Ubinas que viene afectando a los pobladores de San Juan de Tarucani.

El Director Geología Ambiental y Riesgo Geológico, designó a la Ing. Nélide Manrique y al Ing. David Valdivia, especialistas en evaluación de peligros geológicos y volcánicos, para que formulen un informe técnico detallado sobre este tema.

En el presente informe se exponen los resultados de la evaluación técnica realizada, debidamente ilustrado con fotografías y mapas, donde se describe las acciones tomadas por INGEMMET frente al proceso eruptivo actual del volcán Ubinas y se explica porque motivo no se ha sugerido la evacuación de los poblados de San Juan de Tarucani.

1.2 Objetivo

- Describir las acciones ejecutadas por INGEMMET frente al proceso eruptivo del volcán Ubinas.
- Mostrar las características de la actividad eruptiva reciente del 2019 que viene manifestando el volcán Ubinas, realizado en base al trabajo del monitoreo permanente y multidisciplinario efectuado por el INGEMMET, así como en base a los trabajos de campo realizado entre los días 19 y 26 de julio.
- Sustentar el motivo por el cual no se ha sugerido la evacuación de los anexos de San Juan de Tarucani.

1.3 Ubicación

El Distrito de San Juan de Tarucani (16°11'44.11"S, 71°03'35.29"O) está ubicado a 50 km de la ciudad de Arequipa, Provincia Arequipa, Región de Arequipa; comprende 59 localidades, las cuales se ubican hacia el norte y noroeste entre 5 y 40 km con respecto al volcán Ubinas (Fig. 2).

RUTA	DISTANCIA	MEDIO DE TRANSPORTE	TIEMPO
Arequipa – Chiguata – Salinas Moche – San Juan de Tarucani	62 km	Camioneta 4x4	2 horas
Arequipa – Pampa Cañahuas – San Juan de Tarucani	107 km	Camioneta 4x4	3 horas

1.4 Aspectos Socioeconómicos

Los datos de población y vivienda del área de influencia del volcán Ubinas han sido tomados del censo sobre población y vivienda, a nivel de distrito y provincia, efectuado por el Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) en el año 2017 (Tabla 1).

Ubicación		Nro. Localidades	Nro. de Personas	Nro. de Viviendas
Distrito	San Juan de Tarucani	59	2179	946

Tabla 1. Resultado del censo del INEI, censo XII de Población, VII de Vivienda y III de Comunidades Indígenas.

En áreas aledañas al volcán Ubinas se encuentran aproximadamente ocho distritos localizados dentro del área de influencia del volcán, dentro de un radio de entre 5 y 40 km del volcán. Entre ellos se encuentran: **San Juan de Tarucani** (perteneciente a la Región de Arequipa), Chojata, Coalaque, Ichuña, Lloque, Matalaque, Ubinas y Yunga, pertenecientes al Departamento de Moquegua. En el Distrito de San Juan de Tarucani existe una población de aproximadamente 2179 habitantes. El número de viviendas de este distrito es de aproximadamente 946.

En cuanto a la actividad económica, la población del Distrito de San Juan de Tarucani se dedica principalmente a la actividad ganadera, relacionadas a la crianza de camélidos llamas y alpacas, el cual es muy extendido por encima de los 4000 m s.n.m.

Además, en áreas aledañas al volcán Ubinas existen obras civiles importantes, que podrían ser afectadas en caso de una importante reactivación del volcán Ubinas, como:

- Empresa Minera de Borateras Salinas "INKABOR"
- Carretera afirmada Arequipa – Santa Lucia de Salinas – Moche – Logen – Ubinas – Matalaque.
- Carretera afirmada Arequipa – Santa Lucia de Salinas – Tite – Yalagua.
- Las represas Aguada Blanca y El Frayle (principales fuentes de agua y de electricidad para la ciudad de Arequipa).

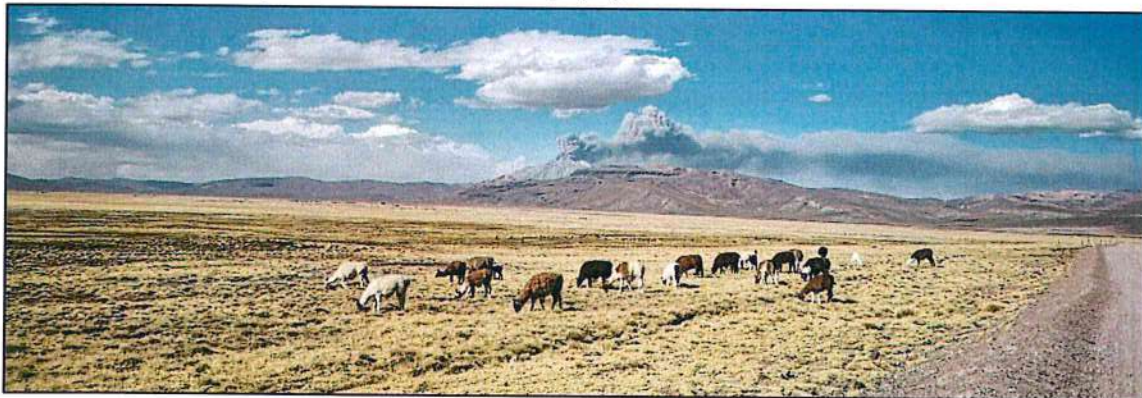


Figura 1: Vista de la columna eruptiva del volcán Ubinas, desde estancia de San Juan de Tarucani, el día 22 de julio.

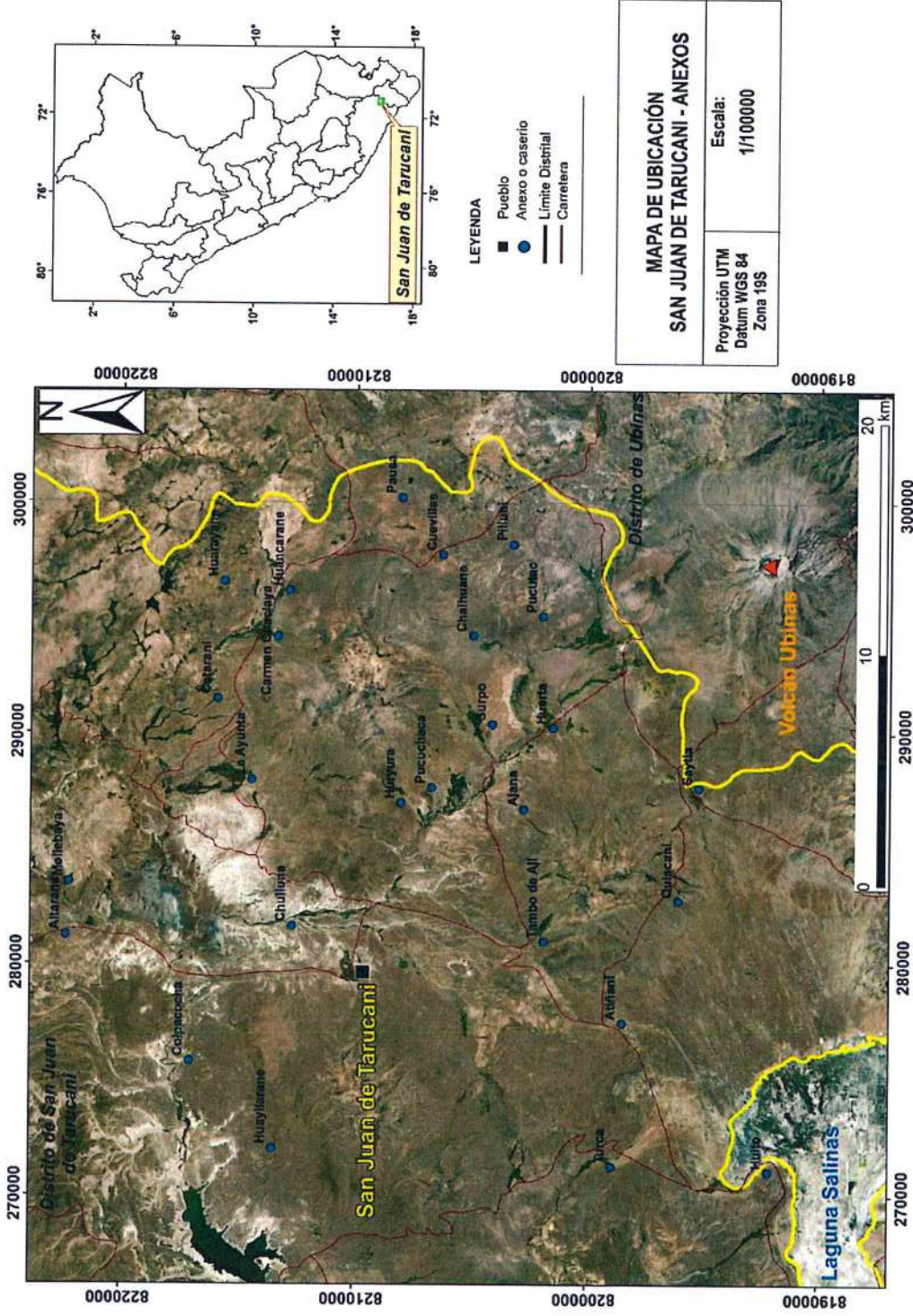


Figura 2: Mapa de Ubicación de los anexos del distrito de San Juan de Tarucani, los cuales se encuentran entre 5 y 40 km del volcán Ubinas.

II. ACTIVIDAD VOLCÁNICA DEL UBINAS (1550 d.c. - actualidad)

El volcán Ubinas es uno de los ocho volcanes activos del sur peruano, localizado en la región Moquegua. Estudios geológicos-vulcanológicos muestran que dicho volcán presentó al menos 26 crisis volcánicas desde el año de 1550 (Rivera, 1998; Rivera *et al.*, 2011), referidas a alta actividad fumarólica y emisiones de cenizas, con una recurrencia de 2 a 6 episodios por siglo, considerado por ello como el más activo del sur peruano. Esta actividad pasada se caracterizó por presentar erupciones leves a moderadas, que constantemente causaron daños en la población, terrenos de cultivos, pastizales y fuentes de agua.

La actividad eruptiva del volcán Ubinas registrada entre los años 2006-2009, causó alarma y preocupación entre los pobladores del valle de Ubinas y sus autoridades, quienes antes de dicha crisis no se disponía de un sistema de monitoreo volcánico, tampoco se disponía de planes de contingencia, ni estrategias destinadas a atender una crisis volcánica que involucre la evacuación de la población. En esta oportunidad se temió que la actividad volcánica se incrementara enormemente, inclusive con la generación de flujos piroclásticos o colapso del sector sur del volcán con posibles consecuencias trágicas para los más de 3000 habitantes que viven en el valle de Ubinas (situado al pie del flanco sur del volcán) (Mariño *et al.*, 2011)..

La actividad, abril a agosto del 2006, se vio reflejada por las continuas emisiones de cenizas, que obligó a las autoridades a evacuar en un primer momento a los pobladores de Querapi, hacia el refugio de Anascapa (ocurrido los días 20-21 de abril de 2006) y, en un segundo momento, a más de 1500 personas al refugio de Chacchagen (~15 km al sureste del volcán). Esto ocurrió entre los días 9 y 11 de junio del 2006 (Mariño *et al.*, 2011).

El 01 de setiembre del 2013, el volcán Ubinas inició un nuevo ciclo de actividad eruptiva, alcanzando su mayor nivel de actividad entre los días 12 y 23 de abril del 2014. En este periodo se produjeron alrededor de 46 explosiones, con emisiones importantes de ceniza, y con columnas eruptivas de hasta 5 km sobre el cráter que produjeron caídas de ceniza a más de 25 km de distancia del cráter. A partir de mayo de 2014 la actividad eruptiva del volcán Ubinas disminuyó paulatinamente, manteniéndose en un nivel bajo, hasta enero del 2017.

El actual proceso 2019 del volcán Ubinas se inició la mañana del 24 de junio, desde las 07:30 am, se registraron emisiones de gases y ceniza en forma de columnas fumarólicas que se elevaban hasta los 1400 m sobre el cráter del volcán y se dispersaban hacia el noreste; estas emisiones se prolongaron por cinco horas. Posteriormente, el volcán Ubinas bajó su producción de gases y ceniza, solo se apreciaban gases azulinos de poca intensidad que rápidamente se dispersaban por el viento, hacia el noreste.

III. ACCIONES TOMADAS POR INGEMMET FRENTE AL ACTUAL PROCESO ERUPTIVO

Actualmente, el Observatorio Vulcanológico del INGEMMET, cuenta con lo siguiente:

- Monitoreo y vigilancia con método sísmico y visual.
- Monitoreo y vigilancia con método geoquímicos de gases (SO_2).
- Monitoreo y vigilancia con método geodésicos.
- Monitoreo y vigilancia con imágenes satelitales.
- Monitoreo y análisis de la caída de ceniza.

Para lo cual, se tienen equipos de última tecnología (cámaras de video, GPS, DOAS, sensores sísmicos y otros accesorios para la transmisión permanente y en tiempo real de la actividad). Dichos equipos están ubicados estratégicamente de tal manera que nos permita cubrir toda la zona de estudio (Fig. 3).

Toda la información que se recibe en tiempo real se procesa y posteriormente se plasma en reportes diarios, semanales e informes técnicos, que son entregados a las autoridades competentes con la finalidad de que tomen las decisiones adecuadas frente al proceso eruptivo.

El INGEMMET viene realizando el seguimiento de la actividad eruptiva del volcán Ubinas desde el 2006. Por tal motivo, a partir de los cambios observados desde el 24 de junio se informó a las autoridades del Gobierno Regional de Arequipa y Moquegua sobre los cambios que se vienen suscitando en el macizo. Así mismo se desplegaron 2 brigadas de campo desde el 19 al 26 de julio, para realizar la evaluación por caída de ceniza de las zonas afectadas durante este periodo. También, se participó en las reuniones de coordinación con las autoridades de los Gobiernos Regionales de Arequipa y Moquegua. A continuación, se detalla cada una de las acciones tomadas por INGEMMET.

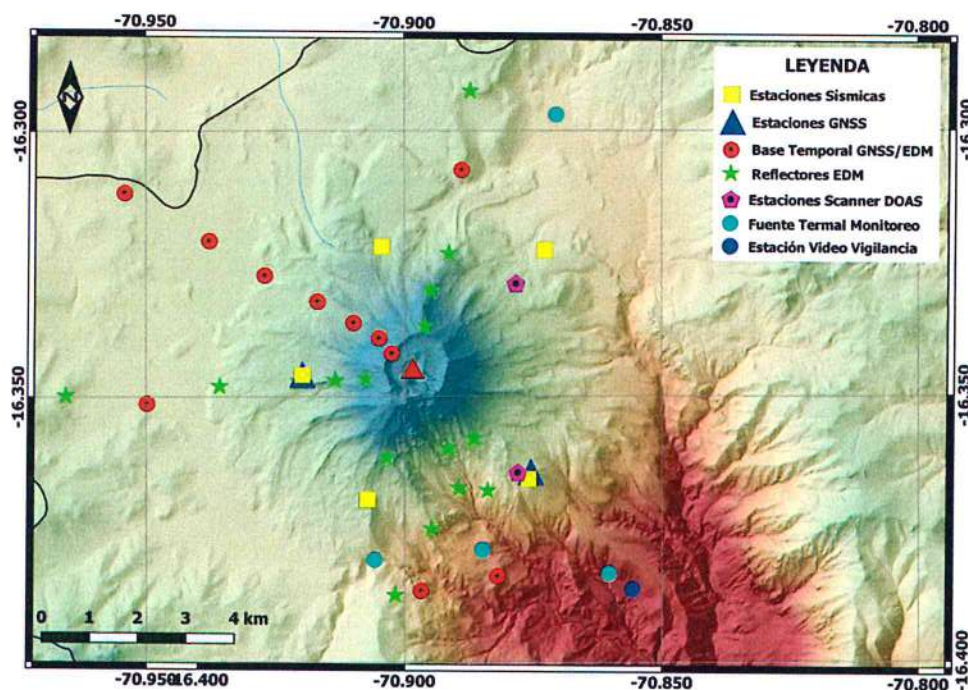


Figura 3: Red de instrumentos empleados para el monitoreo del volcán Ubinas.

3.1 Monitoreo de la actividad del volcán Ubinas

3.1.1 Monitoreo y vigilancia con método sísmico y visual

Desde la última explosión del volcán Ubinas registrada el día 23 de enero de 2017, la actividad sismo-volcánica del Ubinas, estuvo en descenso, registrándose entre uno a dos sismos por día, e incluso hubo días donde no se registraron sismos asociados a la actividad del volcán. Este comportamiento siguió igual hasta el pasado 18 de junio 2019, fecha cuando la sismicidad empezó a mostrar cambios, los cuales se detallan a continuación:

18 de junio 2019: se produjo la ocurrencia de un enjambre de eventos sísmicos de tipo volcano-tectónicos (VT), asociados al fracturamiento de rocas en el interior del volcán. El enjambre tuvo una duración de 3 horas aproximadamente y estuvo conformado por 14 eventos VT. Posiblemente se debió al fracturamiento de rocas por la presencia de un cuerpo de magma que estuvo ejerciendo presión al ascender hacia la superficie. En los días siguientes se registró un incremento de la actividad sísmica asociada al fracturamiento de rocas y al movimiento de fluidos.

24 de junio 2019: se registró importante actividad sísmica de tipo tremor, la cual estuvo asociada directamente a las emisiones de gases y cenizas del volcán registradas ese día. Dicha actividad tuvo una duración aproximada de 5 horas (desde las 07:00 hasta las 13:00 h). Las emisiones alcanzaron alturas de hasta 1000 m sobre la cima del volcán y se dirigieron predominantemente hacia el N y NE (Fig. 4).

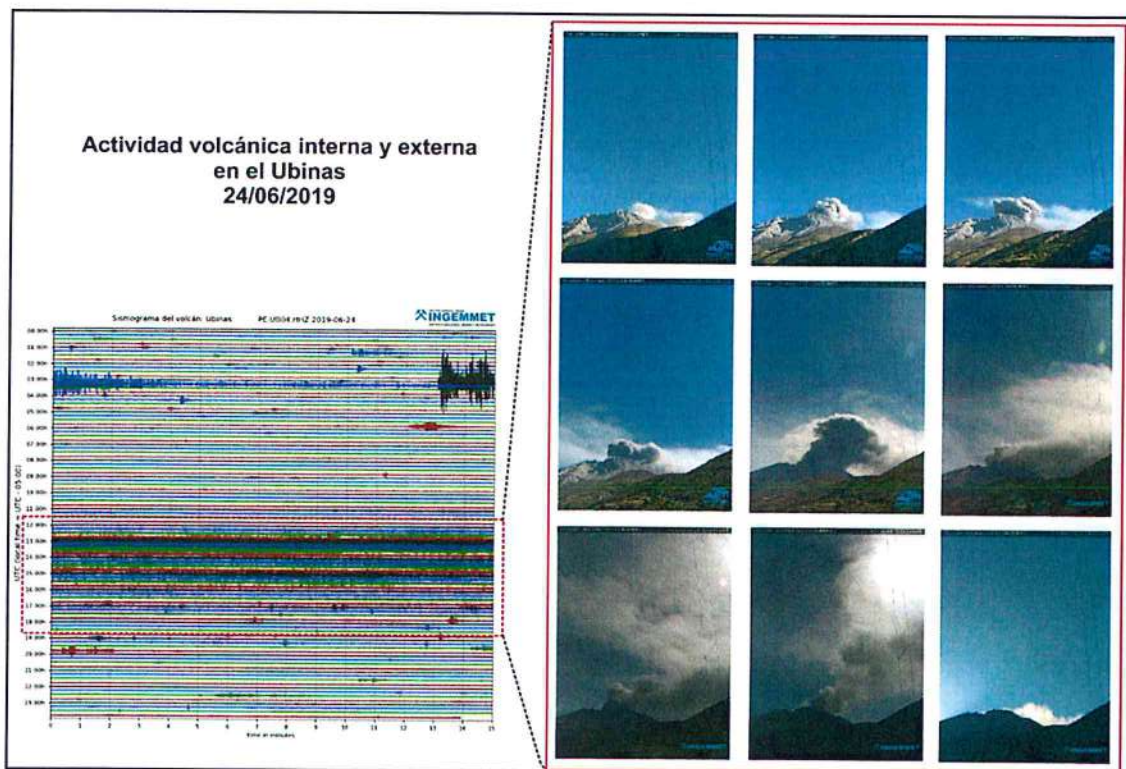


Figura 4: Correlación entre la actividad interna (sismicidad) y la actividad externa (emisiones de ceniza) del volcán Ubinas del día 24 de junio, fecha de inicio del actual proceso eruptivo del volcán.

26 de junio de 2019: a las 04:23 h, se registró una explosión, posiblemente freática, de poca energía. Sin embargo, esta explosión no pudo ser corroborada con la actividad superficial, ya que ocurrió en horas de la madrugada.

04 y 05 de julio de 2019: nuevamente se registró un incremento importante de ocurrencia de sismos VT (100 sismos), asociados al fracturamiento de rocas en el interior del edificio volcánico y/o zonas muy locales. En los días siguientes se ha registrado periodos de incremento y descenso de la actividad sísmica, pero básicamente aún se continuaba registrando eventos asociados al fracturamiento de rocas (VT) y movimiento de fluidos (LP).

18 de julio 2019: se registró nuevamente un incremento de sismos volcánicos, de tipo tremor desde las 02:00 h hasta las 13:00 h, aproximadamente (Fig. 5). De igual manera, este tremor volcánico se asoció a las emisiones de gases y ceniza que produjo el volcán.

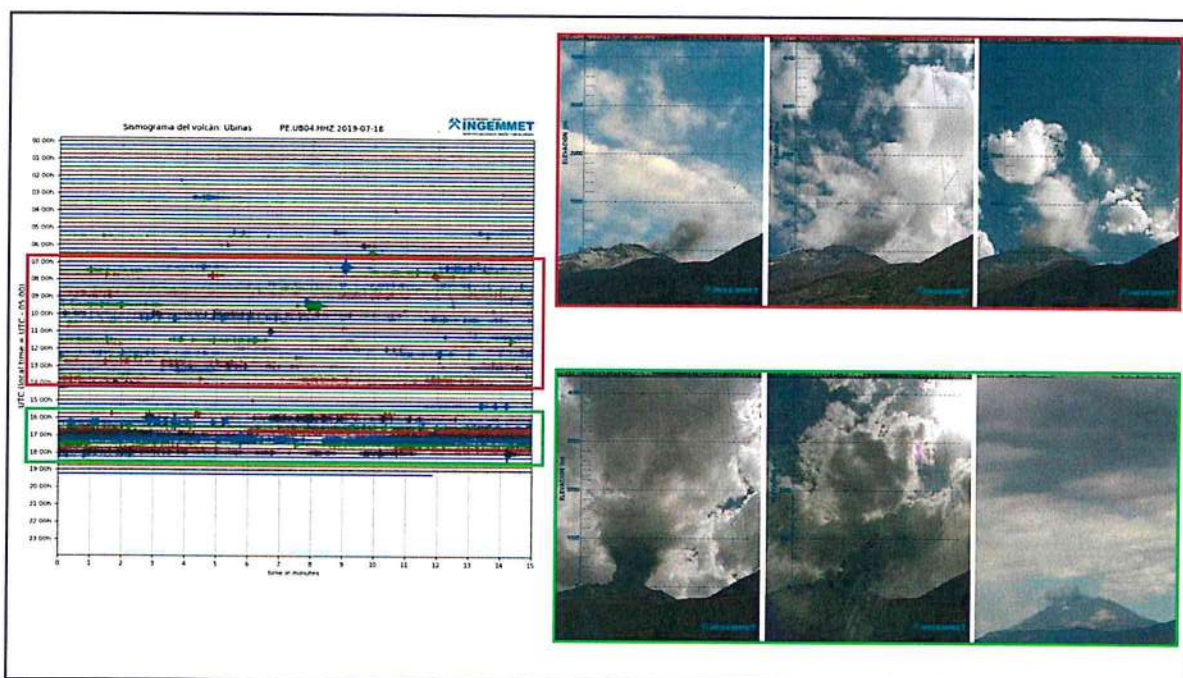


Figura 5: Correlación entre la actividad interna (sismicidad) y la actividad externa (emisiones) del volcán Ubinas correspondiente al día 18 de julio.

19 de julio de 2019: este día se registraron 03 explosiones energéticas en el volcán Ubinas, la primera ocurrió a las 02:30 h, la segunda a las 02:50 h y la tercera a las 03:10 h. Estos eventos fueron seguidos por una importante y energética actividad tremórica, asociada inicialmente a la formación de una columna eruptiva de gases y ceniza de más de 6 km de altura (Fig. 6), seguida posteriormente por la emisión continua de cenizas. Cabe mencionar que el volcán liberó hasta esta fecha una energía acumulada de aproximadamente 287 MJ (Megajoules).

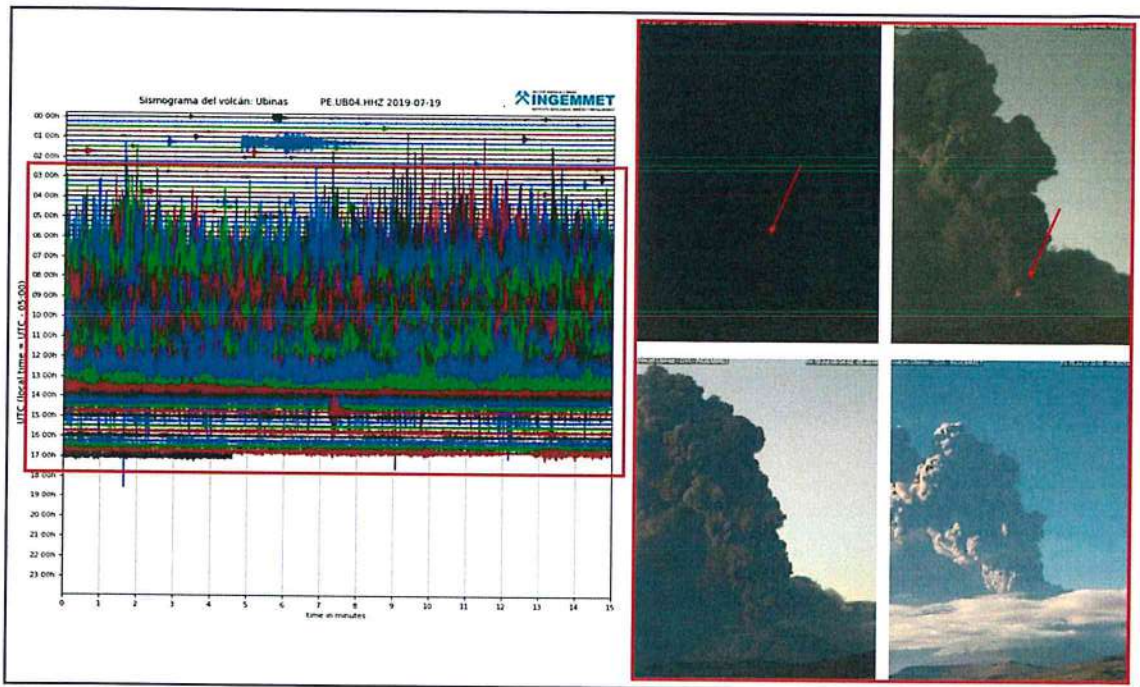


Figura 6: Correlación entre la actividad interna (sismicidad) y la actividad externa (emisiones de ceniza) del volcán Ubinas correspondiente al día 19 de julio.

22 de julio de 2019: este día se registró 01 explosión energética en el volcán Ubinas a las 23:25 h, la cual, fue seguida también por una importante y energética actividad tremórica, asociada a la formación de una columna eruptiva de gases y ceniza de más de 4 km de altura (Fig. 7).

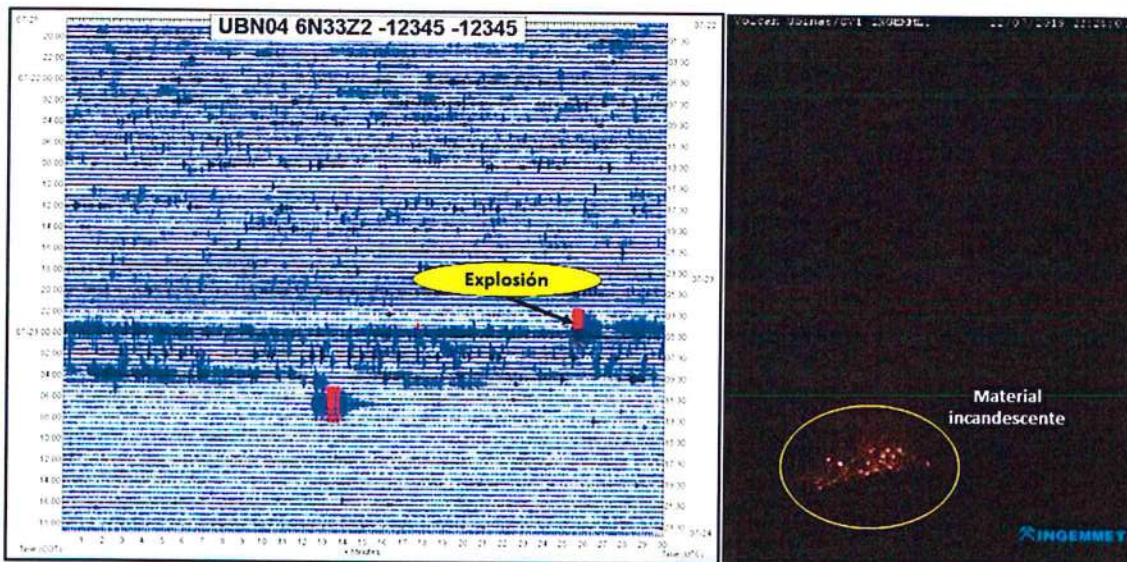


Figura 7: Correlación entre la actividad interna (sismicidad) y la actividad externa (emisiones) del volcán Ubinas correspondiente al día 22 de julio.

A la fecha se viene registrando importante actividad sísmica asociada a la importante intrusión de magma (sismos volcano - tectónicos) y a su vez, actividad sísmica asociada al ascenso de magma (sismos híbridos y tremor armónico), movimiento de fluidos, ya sea,

gases y magma (sismos de largo periodo) y sobre presurización del sistema hidrotermal (sismos tornillos).

3.1.2 Seguimiento y vigilancia con método geoquímicos de gases (SO₂)

Las mediciones realizadas por equipos DOAS en el volcán Ubinas realizados el presente año 2019 son mostrados en la Fig. 8, en la cual los flujos de SO₂ se mantuvieron con valores por debajo de las 2,000 toneladas/día.

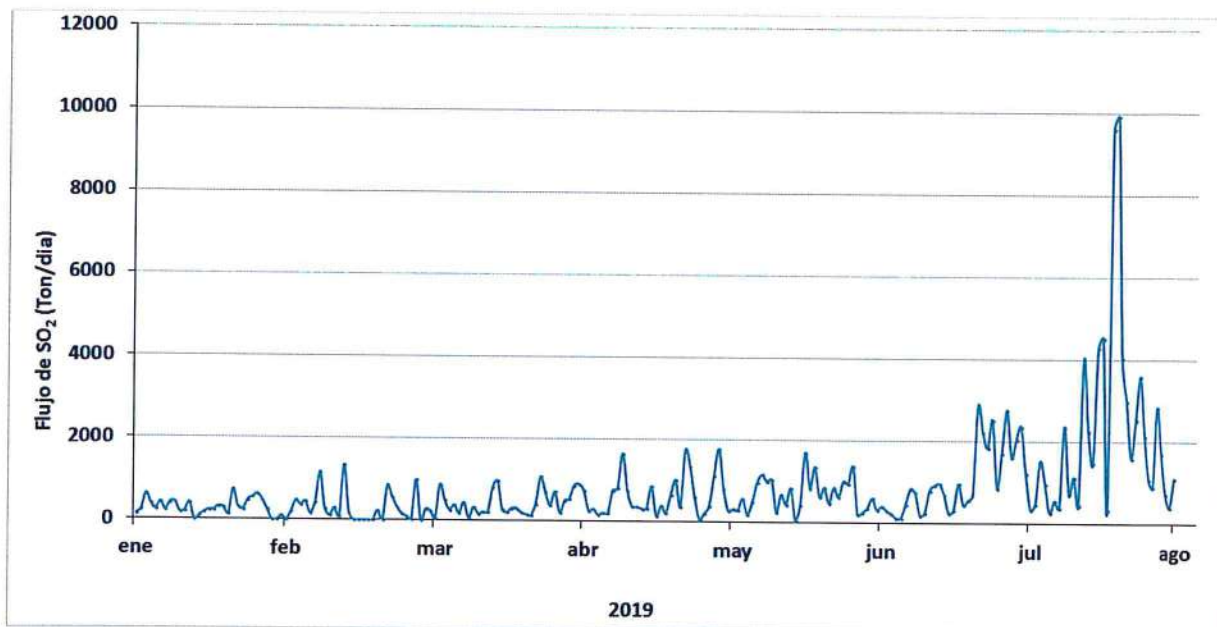


Figura 8: Flujos del gas magmático SO₂ en el volcán Ubinas, durante los años 2013-2019

El día 25 de junio de 2019 los flujos de SO₂ registraron valores de 3000 toneladas/día y el día 17 de julio se registró un incremento de flujos de SO₂ los que alcanzaron valores mayores a las 4000 toneladas/día, estos valores altos estarían asociados a la presencia de un cuerpo magmático muy próximo a la superficie.

3.1.3 Seguimiento y vigilancia con método geodésicos

La evaluación y el seguimiento de la deformación del edificio volcánico del Ubinas se está realizando por medio de dos estaciones GNSS, que operan de manera continua y en tiempo real. Esta técnica aporta información para el entendimiento de los procesos internos que ocurren en el volcán y a su vez permite prever la ocurrencia de grandes erupciones.

Los datos de las estaciones GNSS fueron procesados incorporando las efemérides precisas en el marco de referencia SOAM, obteniéndose así las posiciones finales de cada estación GNSS. Los resultados del procesamiento muestran que la estación GNSS UBGW, ubicado en el flanco oeste del volcán Ubinas registró un **proceso inflacionario continuo**, desde el día 15 de abril, a razón de 5 mm/mes. Así mismo, las componentes horizontales ESTE y NORTE de dicha estación, mostraron un cambio en la velocidad de desplazamiento durante el periodo inflacionario, con dirección NO (Fig. 9). Los registros

GNSS en aquel entonces sugirieron el ascenso de un cuerpo, probablemente en un volumen considerable de magma cercano a la superficie.

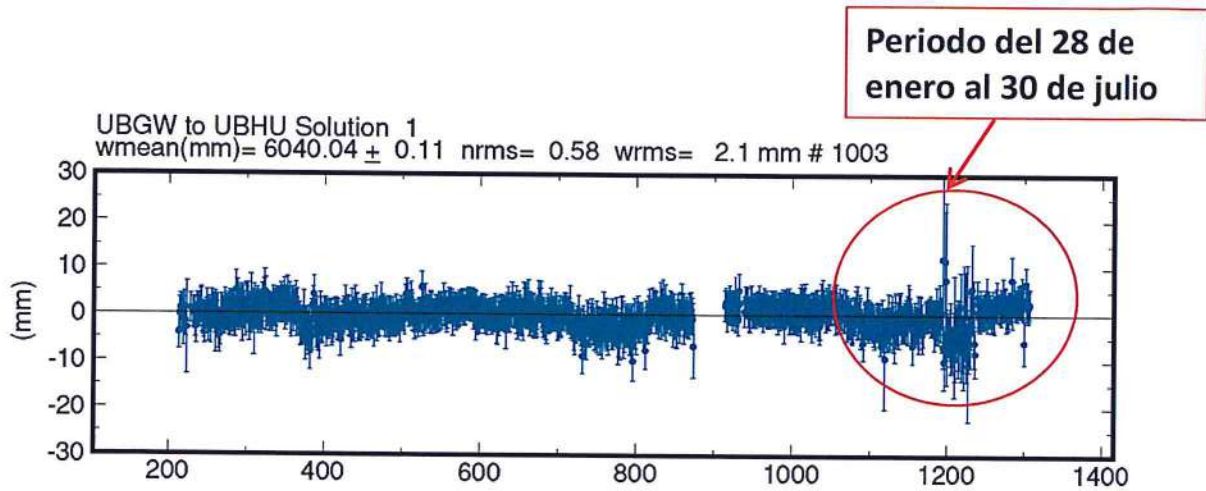


Figura 9: Se puede observar que la estación UBGW se fue alejando con respecto a la estación UBHU. Lo que indica el ascenso de un cuerpo magmático que se desplaza a la estación UBGW.

3.1.4 Monitoreo y vigilancia con imágenes satelitales

Con ayuda de esta técnica se puede monitorear y medir muchos fenómenos volcánicos, tales como: emisiones de cenizas, emisión de flujos de lava, flujos piroclásticos, cambios topográficos y deformación.

A continuación, se presentan algunas imágenes satelitales del volcán Ubinas de las diferentes agencias de administración de satélites como la NOAA, CIRA, SENTINEL y EARTHSCAPES registradas desde el día 24 de junio (Figs. 10,11,12 y 13), fecha a partir de la cual empezaron a registrarse emisiones de ceniza.

El día 24 de junio 2019, las emisiones de ceniza del volcán siguieron dirección norte, llegando a 40 km (Fig. 10).

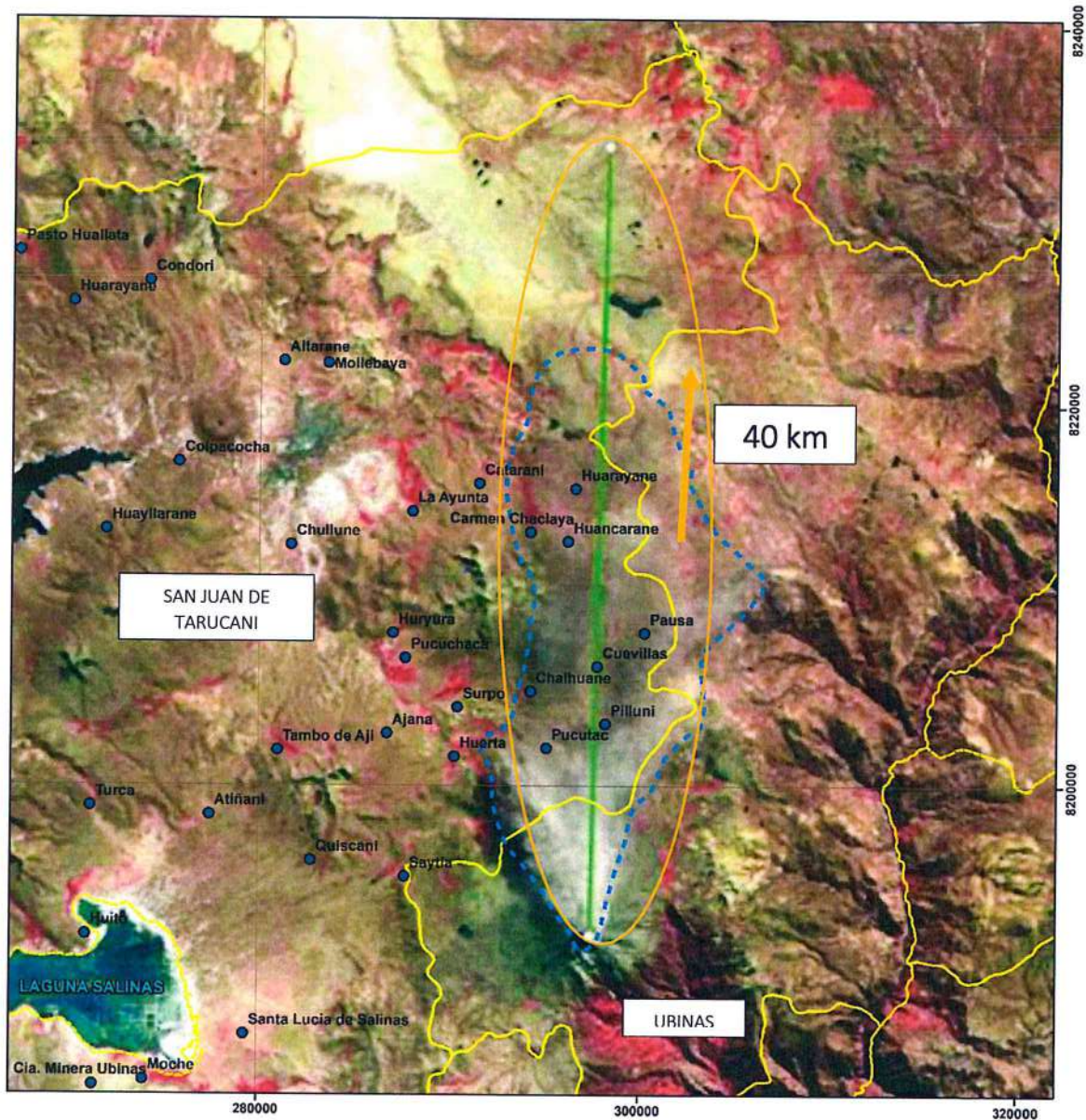


Figura 10: Imagen satelital SENTINEL 3 – OLCI, del 24 de junio del 2019. Se muestra la pluma volcánica siendo dispersada por el viento en dirección N - NE. Los anexos y caserios afectados fueron: Carmen Chaclaya, Huancarane, Huarayane, Pausa, Chahuane, Cuevillas, Pilluni y Pucutac.

El día 19 de julio 2019, las emisiones de ceniza se dirigieron al este, en dirección del territorio boliviano, atravesando las regiones de Moquegua, Tacna y Puno (Fig. 11), desplazándose a más de 200 km de distancia de su centro eruptivo.

Se reportaron caídas de ceniza, que afectaron los pueblos de Ubinas, Escacha, Tonohaya, Sacohaya, Anascapa, Huatagua, Huarina, Matalaque, Yalagua, Chojata, el canal Pasto Grande, la autopista binacional Ilo-Desaguadero, la autopista Moquegua-Puno, las minas Cuajone, Quellaveco, Aruntani.

El 22 de julio, a las 23:25 horas se registró otra explosión, seguido de la emisión de gases, cenizas y fragmentos de roca. En el poblado de Ubinas cayeron fragmentos (lapillis) de

hasta 2 cm por más de 35 minutos. Las columnas superaron los 4 km sobre el nivel del cráter y se dispersaron en dirección sureste (Fig.12).

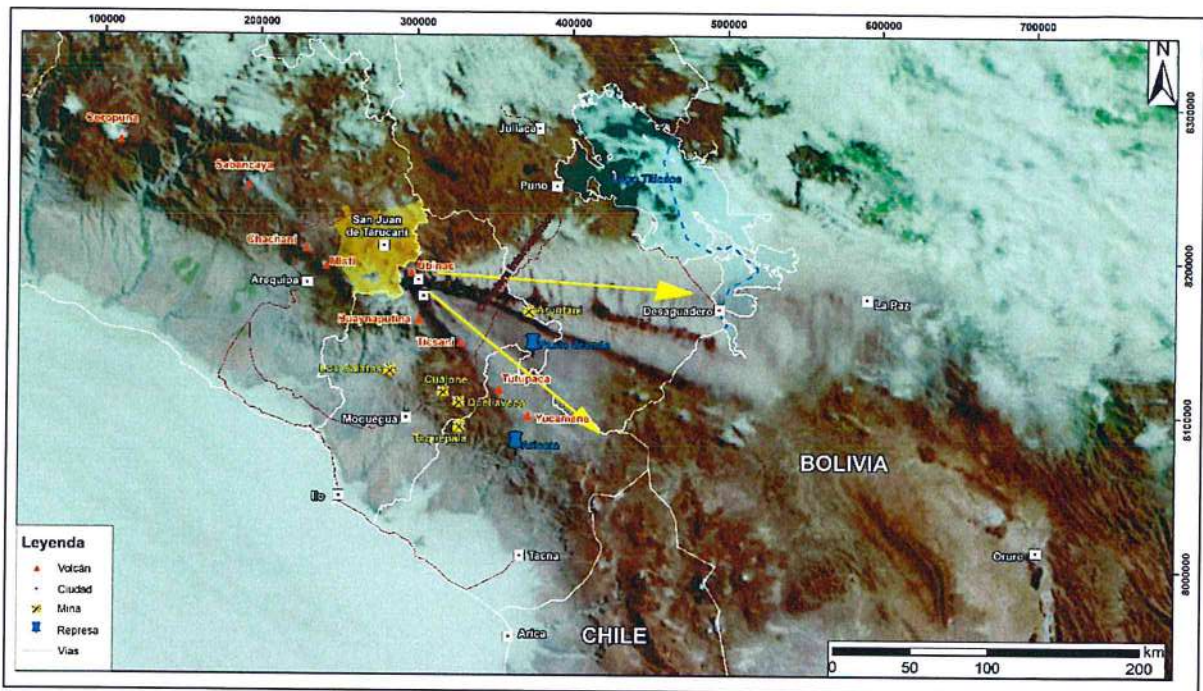


Figura 11: Imagen satelital CIRAM del 19 de julio de 2019 que muestra la pluma volcánica siendo dispersada por el viento en dirección E - SE.



Figura 12: Imagen satelital PerúSAT-1 del día 22 de julio de 2019 que muestra la pluma en dirección sureste.

3.1.5 Monitoreo y análisis preliminar de la caída de ceniza

Según los datos de campo del 19 de julio, los productos emitidos por el Ubinas corresponden a fragmentos de material volcánico de ceniza (tamaño menor de 2 mm) y lapilli (tamaño de hasta 2.5 cm) de diámetro que corresponden a material juvenil (fragmentos densos grises) y en menor proporción material hidrotermalizado (coloración blanquecina). Desde luego los fragmentos grandes cayeron en el valle de Ubinas, afectando los distintos poblados.

Según las imágenes satelitales, las cenizas suspendidas en el aire viajaron a más de 200 km del volcán, atravesando las regiones de Moquegua y Puno, en dirección a Bolivia. En inmediaciones del volcán los espesores del depósito de caídas de ceniza y lapilli llegaron hasta un espesor de 8 mm (Fig. 13).

La caída de ceniza registrada el 22 de julio solo duró 35 min, sin embargo, en el pueblo de Ubinas se registró un espesor de 0.2 mm y cayeron fragmentos de roca que miden más de 2 cm de diámetro. A una distancia de 3 km del cráter del Ubinas se tomaron muestras de roca de hasta 6 cm.

En el distrito de San Juan de Tarucani no se reportaron caídas de ceniza y esto principalmente se debe a que la emisión de ceniza de ambos días fue principalmente hacia el sector este – sureste.

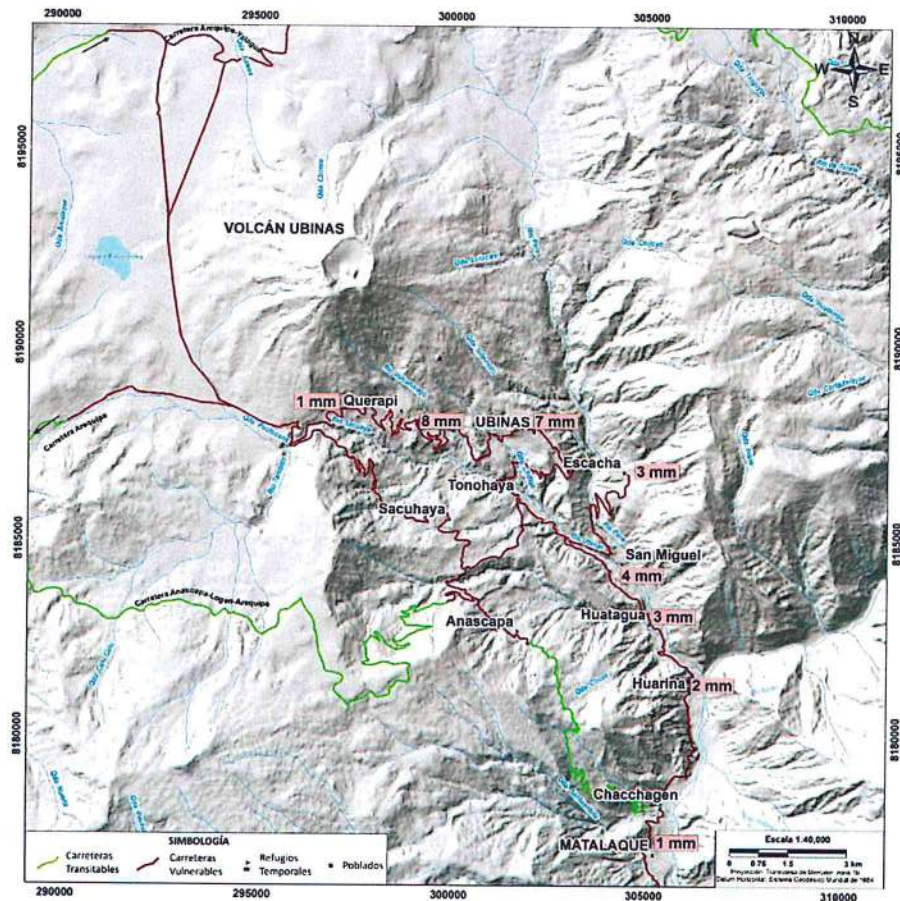


Figura 13: Mapa que muestra los espesores de los depósitos de caída de ceniza en los pueblos del valle de Ubinas.



Figura 154: Medición de espesor de caída de ceniza en el sector de Volcanmayo a 5 km del volcán Ubinas.



Figura 145: Medición de espesor de caída de ceniza en el sector de Escacha a 9 km del volcán Ubinas.

La ceniza depositada presenta formas angulares a subangulares compuesta por líticos juveniles (fragmentos densos y escoria), vidrio, cristales de plagioclasa y líticos hidrotermalizados y óxidados (Fig. 17 a y b). El tamaño de las partículas varía con respecto a la distancia y la dirección del viento.

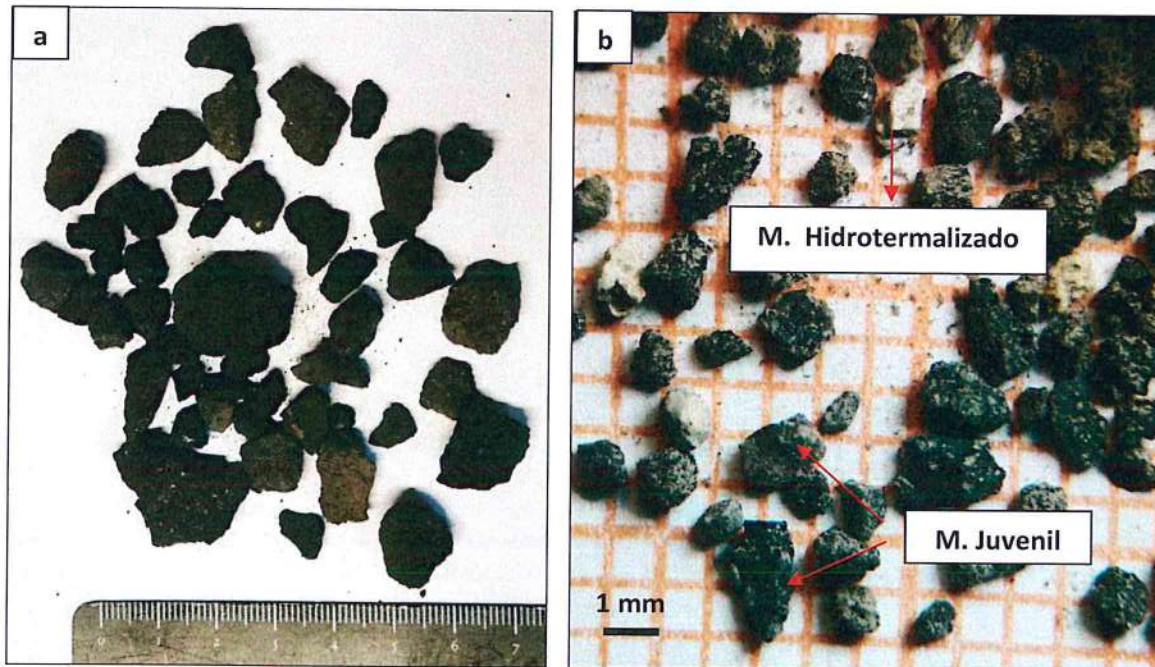


Figura 16: a) Fragmentos líticos de hasta 2.5 cm, las muestras se tomaron a 3 km del volcán en la estación UBN02, la cual, se encuentra en dirección sureste. b) Ceniza recolectada en el pueblo de Ubinas, el cual, está localizado a 6 km del volcán.

IV. MAPA DE PELIGROS DEL VOLCÁN UBINAS

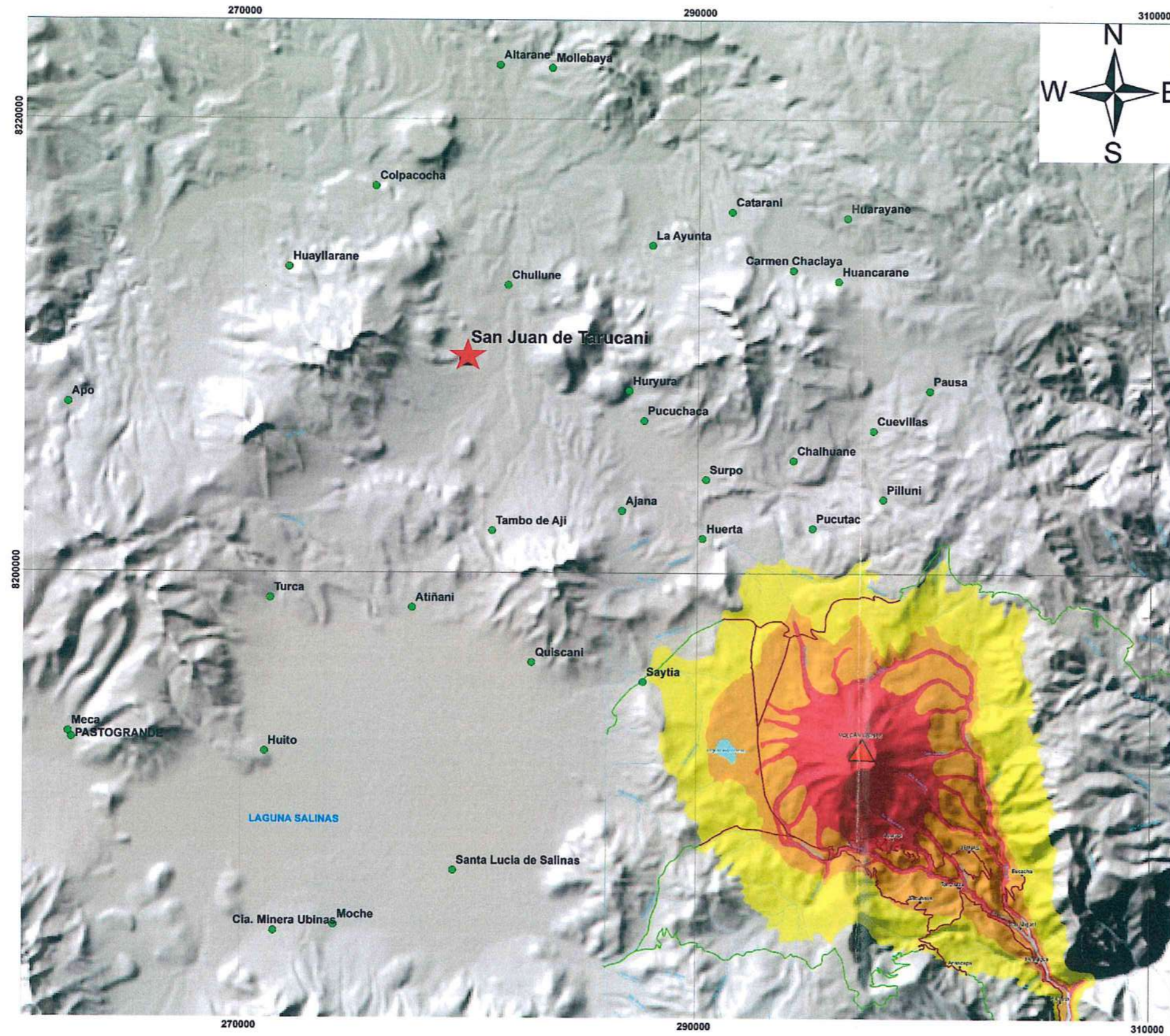
El mapa de peligros del volcán Ubinas publicado por INGEMMET el año 2010, indica los escenarios eruptivos: leves y violentas. Se muestra diversas áreas que van a ser afectadas, en caso de una erupción, incluyen poblados terrenos agrícolas y carreteras. El mapa está realizado en base a escenarios, similares a los procesos eruptivos registrados en su historia, durante los últimos 1000 años, en este lapso presentó erupciones explosivas moderadas a fuertes.

4.1 Mapa de peligros de la zona proximal para peligros múltiples

El mapa de peligros de la zona proximal (Fig. 18), ha sido elaborado por Rivera *et al.* (2011), a escala 1:50 000, en el cual se diferencian tres zonas pintadas de diferentes colores: zona de alto peligro, de moderado peligro y bajo peligro.

- Zona de alto peligro (rojo): Comprende un área semi-circular alrededor del cráter que involucra diversas quebradas y valles que drenan del Ubinas, las cuales pueden ser severamente afectadas por la ocurrencia de flujos de lodo (lahares), flujos piroclásticos, proyectiles balísticos, colapso del flanco sur y/o emisión de flujos de lava. Cualquier tipo de erupción puede afectar dicha área, inclusive las de baja magnitud, como las ocurridas desde el año de 1550 hasta la actualidad (IEV 1-3). La probabilidad de ocurrencia de erupciones de magnitud baja es alta, aproximadamente, uno a cinco eventos cada 100 años.
- Zona de moderado peligro (naranja): Se extiende desde 5 km hasta una distancia máxima de ~14 km del cráter, la cual corresponde inmediatamente a la zona colindante con la zona de alto peligro. Esta zona involucra cauces de quebradas y valles localizados al pie del volcán. Asimismo, comprende la parte de la altiplanicie volcánica (sectores Oeste, Norte y Noreste del Ubinas). Esta zona puede ser cubierta por flujos piroclásticos, oleadas piroclásticas, lahares y/o avalanchas de escombros en caso que la erupción sea de moderada a alta magnitud (IEV 3-4).
- La zona de bajo peligro (amarillo): Esta zona se proyecta a más de 10 km alrededor del cráter, sobre todo en el flanco sur, y a más de 6 km en la zona de la altiplanicie. Esta zona puede ser severamente afectada por flujos piroclásticos incandescentes, oleadas piroclásticas, y/o flujos de barro, en caso que la erupción sea de alta a muy alta magnitud (IEV ≥ 4) denominada pliniana o subpliniana.

Según el mapa de peligros múltiples de la zona proximal el **distrito de San Juan de Tarucaní** (Fig. 18), se encuentra fuera de la zona de afectación por flujos piroclásticos, oleadas piroclásticas, avalanchas de escombros y lahares (flujos de lodo).



Zona de Alto Peligro
 Puede ser afectada por caída de cenizas y pómez, proyectiles, balísticos, flujos piroclásticos, flujos de barro, avalanchas de escombros y/o flujos de lava, generados durante una erupción de baja magnitud.

Zona de Moderado Peligro
 Puede ser afectada por todos los peligros que alcanzarían la zona anterior, a excepción de flujos de lava que por su alta viscosidad alta, difícilmente llegarían a esta área. Esta zona es de menor peligro que la roja y solo puede ser afectada durante erupciones de magnitud moderada a alta (IEV4).

Zona de bajo Peligro
 Es la zona más alejada del volcán y por tanto es la de menor peligro. Puede ser afectada por flujos piroclásticos, flujo de barro, avalancha de escombros y caídas de cenizas, pero solo en erupciones de magnitud muy alta (IEV >5).

■ PUEBLOS
 ■ LAGO
 ▲ VOLCÁN UBINAS
 □ LIMITE DISTRITAL DE SAN JUAN DE TARUCANI

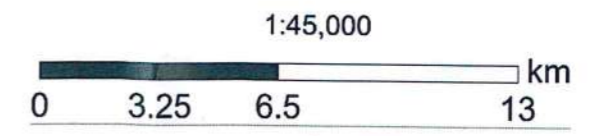


Figura 17: El Distrito de San Juan de Tarucani, no se encuentra dentro del mapa proximal para peligros múltiples de volcán Ubina; pero podría verse afectada por la caída de ceniza

4.2 *Mapa de peligros por caídas de ceniza y lapilli*

Según el mapa de caídas de tefra (pómez, cenizas, escorias) del volcán Ubinas para erupciones leves a moderadas en el Distrito de San Juan de Tarucani se encuentran en la **zona roja de alto peligro** los anexos y centros poblados Santa Lucía de Salinas, Saytia, Huerta, Pucutac, Pilluni, Chalhuane, Cuevillas y Pausa; en la **zona naranja de peligro moderado** están los anexos y centros poblados de Atiañani, Tambo de Aji, Ajana, Surpo, Pucuchaca, Huryura, Chullune, Huayllararane, Carme Chaclaya, Huancarane, Moche, Huarayane, Turca, Meca, Apo y San Juan de Tarucani; y en la **zona amarilla de bajo peligro** se encuentran los anexos y centros poblados de Colpacocha, Catarani, La Ayunta, Mollebaya, Altarane, Condori, Pasto Huallata, Huarayane, Huayllacucho, Huancune, Huarayani y Vaca (Fig. 19).

Es importante señalar que los centros poblados y comunidades pertenecientes al Distrito de San Juan de Tarucani se encuentra hacia el Norte y Noroeste del volcán Ubinas; por lo tanto, éstos se verían afectados sólo en caso de que las cenizas se dispersen en esta dirección, lo cual dependerá de la variabilidad de los vientos.

MAPA DE PELIGROS POR CAÍDAS DE CENIZA PARA UNA
 ERUPCIÓN DE MAGNITUD BAJA A MODERADA (IEV 1 a 3)

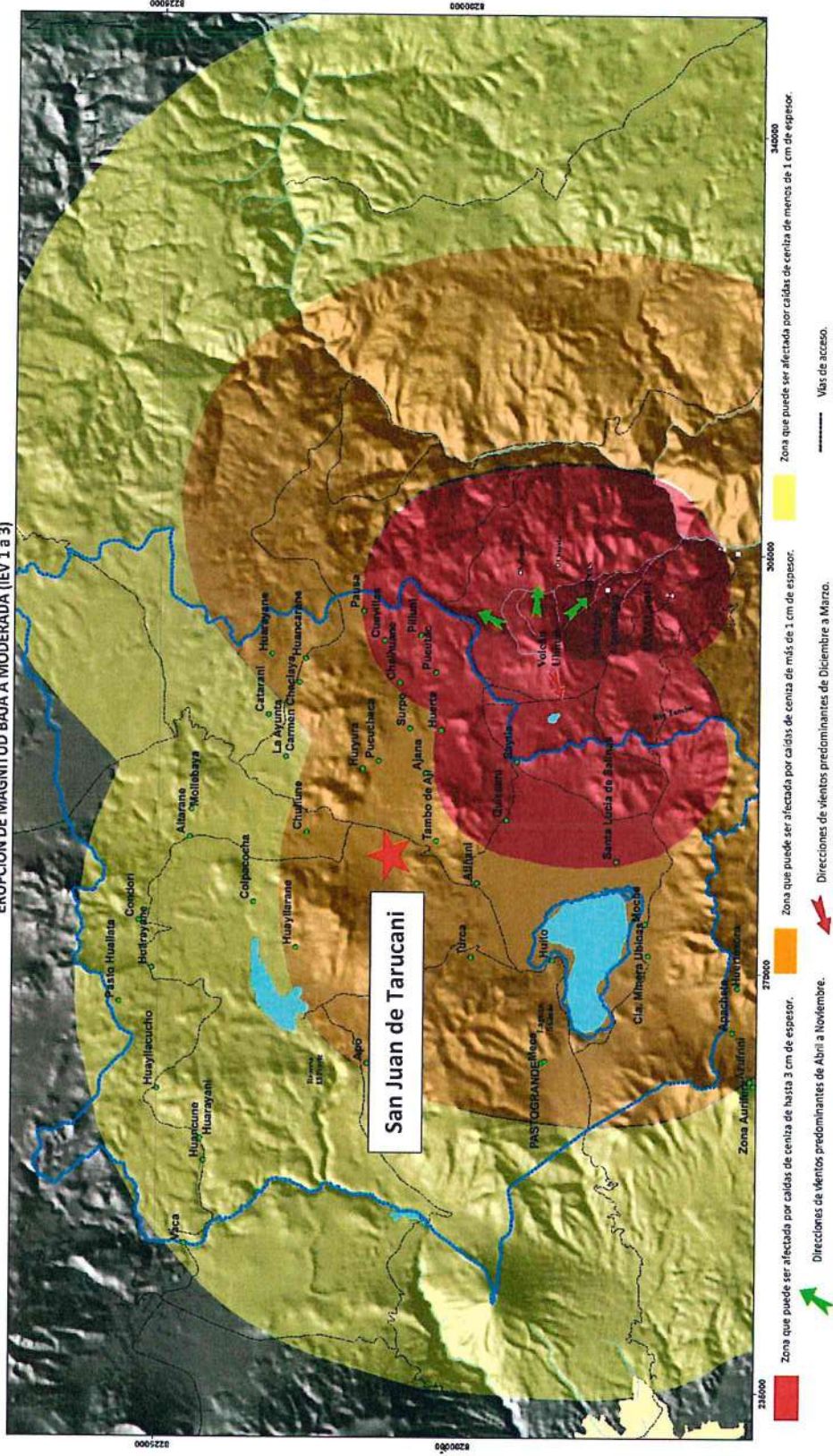


Figura 18: Según el mapa de peligros por caída de cenizas el distrito de San Juan de Tarucani podría verse afectado por caídas de ceniza del volcán Ubina, si la dirección del viento cambiara hacia el oeste-noroeste.

V. CONCLUSIONES

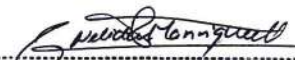
- a) El Observatorio Vulcanológico del INGEMMET (OVI) realiza un monitoreo multidisciplinario (método geoquímico, geodésico, visual, sísmico y geológico) y cuenta con equipos de última tecnología como cámaras de video, GPS (Sistema de Posicionamiento Global), DOAS (Espectroscopia diferencial de absorción óptica), sensores sísmicos y otros accesorios para la transmisión o monitoreo permanente y en tiempo real de la actividad volcánica, que permiten realizar un mejor análisis de la actividad eruptiva del Ubinas, en ese sentido desde que se inició el actual proceso eruptivo, se ha enviado la información a través de informes y reportes diarios, a las autoridades de los Gobiernos Regionales de Arequipa, Moquegua, INDECI y PCM.
- b) El OVI viene participando activamente en las reuniones convocadas por el INDECI, así como por las autoridades de los Gobierno Regionales de Arequipa y Moquegua a fin de informar sobre el estado del volcán y asesorar en la toma de decisiones.
- c) Los anexos del Distrito de San Juan de Tarucani se encuentran localizados entre 5 y 40 km hacia el norte y noroeste del volcán Ubinas. La emisión de ceniza del 24 de junio se dispersó en dirección a este poblado y afectó a un sector del mencionado distrito, información que fue reportada al Gobierno Regional de Arequipa.
- d) El eje principal de la dispersión de ceniza del 19 y 22 de julio, fue en dirección este-sureste, afectó a los pueblos localizados en el valle de Ubinas y los sectores de Chojata, Yalahua y Lloque; mientras que en el Distrito de San Juan de Tarucani no se registró caída de ceniza durante este periodo.
- e) A raíz de la fuerte emisión de cenizas del 19 de julio se reportó inmediatamente a las autoridades competentes y se tuvieron reuniones de emergencia en los Gobiernos Regionales de Arequipa y Moquegua. Como resultado de estas reuniones se recomendó la declaratoria de emergencia del distrito de San Juan de Tarucani.
- f) Haciendo un análisis del mapa de peligros múltiples del volcán Ubinas (por flujos de lava, flujos piroclásticos, avalanchas de escombros, lahares), en relación al distrito de San Juan de Tarucani, se concluye que no se vería afectado por tales fenómenos.
- g) Según el mapa de peligros por caída de ceniza (IEV 1-3), el distrito de San Juan de Tarucani se encuentra en la zona de alto, moderado y bajo peligro. Esto significa que, si se generan emisiones de ceniza y la dirección del viento está hacia el norte y noroeste, el distrito podría verse afectado por la caída de ceniza del volcán Ubinas. Así mismo es importante recalcar que en la zona se registran fuertes vientos que puede removilizar fácilmente la ceniza depositada, lo cual podría resultar dañino para la población aún después de la caída de ceniza.
- h) Caídas de cenizas han ocurrido en casi todas las erupciones del Ubinas durante época histórica. Genera daños en la población, terrenos de cultivo, actividad pecuaria, pastizales, reservorios y canales de aguas. Este evento se puede dispersar a más de 100 km de distancia alrededor del volcán, dependiendo de la dirección del viento.

VI. RECOMENDACIONES

- a) En caso de producirse una erupción y las direcciones de viento cambien hacia el norte - noroeste:
- Implementar acciones de preparación y prevención en el distrito de San Juan de Tarucani, a fin de reducir el riesgo de desastres en el nuevo proceso eruptivo del volcán Ubinas (caída de ceniza). Para ello el Gobierno Regional de Arequipa debe implementar un Plan de Contingencia y Evacuación.
 - Las autoridades deben de proveer a la población lentes de seguridad y respiradores, para evitar enfermedades respiratorias u oculares.
 - Construcción de cobertizos para evacuar a los camélidos que pueden ser afectados por la caída de ceniza; esta actividad es el medio de vida de los pobladores.
 - Proteger las principales fuentes de agua, para evitar contaminación por caída de ceniza.
 - La Autoridad Nacional del Agua, debe realizar estudios de las fuentes de agua que se encuentren alrededor del volcán Ubinas, con la finalidad de informar si son aptas para el consumo humano y el de los animales.
 - Mejorar las vías de acceso hacia el distrito de San Juan de Tarucani.
 - Informarse acerca del estado del volcán Ubinas a través de informes diarios y semanales elaborados por el Observatorio Vulcanológico del INGEMMET.
 - Para la población que permanece en áreas aledañas al volcán, debe evitar el contacto con las cenizas que han cubierto sus terrenos de cultivos, porque estos afectan a la vida.
- b) Realizar charlas de educación y sensibilización sobre los peligros volcánicos y reducción de riesgos de desastres a la población de San Juan de Tarucani.
- c) Continuar con:
- Monitoreo y vigilancia con método sísmico y visual
 - *Monitoreo y vigilancia con método geoquímicos de gases (SO₂).*
 - *Monitoreo y vigilancia con método geodésicos.*
 - *Monitoreo y vigilancia con imágenes satelitales.*
 - *Monitoreo y análisis de la caída de ceniza.*


Ing. CESAR A. CHACALTANA BUDIEL
Director (e)
Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico
INGEMMET




Ing. NÉLIDA VICTORIA MANRIQUE LLERENA
Especialista en Peligros
Volcánicos
INGEMMET

BIBLIOGRAFÍA

- Cruden, D.M., & Varnes, D.J. (1996). Landslide Types and Processes. "Landslides. Investigation and Mitigation", Eds Turner, A.K. and Schuster, R.L. Special Report 247 Transport Research Board, National Research Council, Washington D.C. pp. 36-75.
- Mariño J., Rivera M., Macedo O., Masías P., Antayhua Y., Thouret J-C. (2011). Gestión de la crisis eruptiva del volcán Ubinas 2006-2008. Boletín N°45 Serie C, Geodinámica e Ingeniería Geológica, INGEMMET
- 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. Boletín de la Sociedad Geológica del Perú v.88, 53-71.
- Rivera, M., (2010). Genèse et évolution de magmas andésitiques a ryodacitiques récents des volcans Misti et Ubinas (sud du Pérou). Tesis Doctoral (PhD), Universidad Blaise Pascal (Francia), 407 p.
- Rivera, M., Mariño J., Thouret., (2011). Geología y evaluación de Peligros del volcán Ubinas, Boletín INGEMMET, N°46, Serie C, Lima.
- 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.
- Thouret J.C., Rivera M., Worner G., Gerbe M.C., Finizola A., Fornari M., Gonzales K., (2005). Ubinas: the evolution of the historically most active volcano in southern Peru. Bull Volcanol; 67: 557 – 589.