



**CENEPRED**

Centro Nacional de Estimación, Prevención y  
Reducción del Riesgo de Desastres

**ESCENARIO DE RIESGO VOLCÁNICO:  
UBINAS (MOQUEGUA)**

**OCTUBRE, 2021**



## ESCENARIO DE RIESGO VOLCÁNICO UBINAS (MOQUEGUA)

Elaborado por el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED).

Dirección de Gestión de Procesos. Subdirección de Gestión de la Información. CENEPRED

Año: 2021.

Av. Del Parque Norte N° 313 - 319. San Isidro - Lima – Perú Teléfono: (01) 201 35 50,

Correo electrónico: [info@cenepred.gob.pe](mailto:info@cenepred.gob.pe)

Página web: [www.cenepred.gob.pe](http://www.cenepred.gob.pe)

### Equipo Técnico del CENEPRED:

General de Brigada EP  
Marco Antonio Jaymez Rebosio  
Jefe del CENEPRED

Ing. Juan Carlos Montero  
Director (e) de la Dirección de Gestión de Procesos

Ing. Alfredo Zambrano Gonzáles  
Subdirector de Gestión de la Información (SGI)

Mg. Geog. Vladimir Cuisano Marreros  
Especialista en Análisis Territorial - SGI

Ing. José Luis Epiquién Rivera  
Especialista en Cartografía y Teledetección - SGI

### Equipo Técnico del INGEMMET

Msc. Jersy Mariño Salazar  
Especialistas en Geología y Evaluación de Peligros Geológicos  
Msc. Kevin Cueva Sandoval  
Especialistas en Geología y Evaluación de Peligros Geológicos

### Proyecto “Aumento la resiliencia de las comunidades y gobiernos locales y regionales ante el peligro volcánico y Sísmico”

#### Equipo Técnico de PREDES

Gilberto Romero Zeballos  
Presidente del Consejo Directivo de PREDES  
Jackeline Choque Cuno  
Especialista en Gestión del Riesgo de Desastres  
Julio Meneses Bautista  
Especialista SIG

#### Equipo técnico de ADRA

Ing. Luis Larico Catacora  
Coordinador del Proyecto “Aumento la resiliencia de las comunidades y gobiernos locales y regionales ante el peligro volcánico y Sísmico”



Proyecto 2020-2022 | Aumento de la resiliencia de las comunidades y los gobiernos locales y regionales ante el peligro volcánico y sísmico





**TABLA DE CONTENIDO**

1 INTRODUCCIÓN .....5

2 METODOLOGÍA.....6

3 VOLCÁN UBINAS .....8

3.1 Área de estudio.....8

3.2 El peligro volcánico.....9

3.2.1 Peligro volcánico: Ubinas.....9

3.2.2 Geomorfología.....9

3.2.3 Actividad histórica del Ubinas .....12

3.2.4 Mapa de peligros del volcán Ubinas.....15

3.3 Identificación de los elementos expuestos.....27

3.3.1 Sectores agropecuarios .....27

3.4 Escenario de riesgo volcánico: Ubinas .....31

3.4.1 Escenario de riesgo por avalancha .....31

3.4.2 Escenario de riesgo por flujos piroclásticos.....34

3.4.3 Escenario de riesgo por flujos de lodos o lahares.....37

3.4.4 Escenario de riesgo por flujos de lava.....40

3.4.5 Escenario de riesgo por caídas de ceniza para una erupción de magnitud moderada a grande  
42

3.5 Conclusiones .....43

4 RECOMENDACIONES.....44

5 BIBLIOGRAFÍA .....45



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Ámbitos de intervención .....	5
Figura 2. Esquema metodológico del escenario de riesgo volcánico: Misti y Ubinas .....	6
Figura 3. Área de estudio: Entorno del volcán Ubinas en Moquegua .....	8
Figura 4. Mapa de ubicación del volcán Ubinas.....	9
Figura 5. Mapa geomorfológico del volcán Ubinas y alrededores.....	11
Figura 6. Mapa de peligro por avalancha del volcán Ubinas .....	16
Figura 7. Mapa de peligro por piroclastos del volcán Ubinas .....	18
Figura 8. Mapa de peligro por flujos de lodos o lahares .....	20
Figura 9. Mapa de peligro por flujo de lava .....	22
Figura 10. Flujos de viento a 6 000 m.s.n.m. ....	23
Figura 11. Flujos de viento a 9 600 m.s.n.m. ....	24
Figura 12. Flujos de viento a 12,000 m.s.n.m. ....	24
Figura 13. Flujos de viento sobre la localidad de Ubinas en diferentes alturas .....	25
Figura 14. Mapa de peligro por caídas de ceniza para una erupción de magnitud moderada a grande ....	26
Figura 15. Sector agrícola del área de estudio del volcán Ubinas .....	27
Figura 16. Sector pecuario del área de estudio del volcán Ubinas .....	29
Figura 17. Mapa de identificación de los elementos expuestos: sector agropecuario Ubinas .....	30
Figura 18. Mapa del escenario de riesgo por avalancha: Casos urbanos y sectores agropecuarios en Ubinas .....	32
Figura 19. Mapa del escenario de riesgo por flujos piroclásticos: Casos urbanos y sectores agropecuarios en Ubinas .....	35
Figura 20. Mapa del escenario de riesgo por flujos de lodos o lahares: Casos urbanos y sectores agropecuarios en Ubinas .....	38
Figura 21. Mapa del escenario de riesgo por flujos de lava: Casos urbanos y sectores agropecuarios en Ubinas .....	40



## LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Población del área de estudio del volcán Ubinas .....	8
Tabla 2. Actividad histórica del Ubinas .....	12
Tabla 3. Estratificación de peligrosidad ante avalancha de escombros .....	15
Tabla 4. Estratificación de peligrosidad ante flujos piroclásticos .....	17
Tabla 5. Estratificación de peligrosidad ante flujos de lodos o lahares .....	19
Tabla 6. Estratificación de peligrosidad ante flujos de lava .....	21
Tabla 7. Estratificación de peligrosidad caída de tefras y cenizas .....	25
Tabla 8. Sector agrícola del área de estudio del volcán Ubinas .....	27
Tabla 9. Ganado vacuno del área de estudio del volcán Ubinas .....	28
Tabla 10. Ganado ovino del área de estudio del volcán Ubinas .....	28
Tabla 11. Ganado porcino del área de estudio del volcán Ubinas .....	28
Tabla 12. Población de alpacas del área de estudio del volcán Ubinas.....	28
Tabla 13. Cantidad de colmenas de abejas del área de estudio del volcán Ubinas .....	28
Tabla 14. Sector pecuario del área de estudio del volcán Ubinas .....	29
Tabla 15. Escenario de riesgo por avalancha en elementos expuestos: Nivel Muy Alto .....	31
Tabla 16. Ubinas: Escenario de riesgo por avalancha en sectores agropecuarios, Distrito Ubinas .....	31
Tabla 17. Ubinas: Escenario de riesgo por avalancha en sectores agropecuarios, Distrito Matalaque.....	31
Tabla 18. Escenario de riesgo por flujos piroclásticos en elementos expuestos: Nivel Muy Alto .....	34
Tabla 19. Escenario de riesgo por flujos piroclásticos en sectores agropecuarios, Distrito Ubinas .....	34
Tabla 20. Escenario de riesgo por flujos piroclásticos en sectores agropecuarios, Distrito Matalaque .....	34
Tabla 21. Escenario de riesgo por flujos piroclásticos en sectores agropecuarios, Distrito San Juan de Tarucani .....	34
Tabla 22. Escenario de riesgo por flujos de lodos o lahares en elementos expuestos: Nivel Muy Alto .....	37
Tabla 23. Escenario de riesgo por flujos de lodos o lahares en sectores agropecuarios, Distrito Ubinas .....	37
Tabla 24. Escenario de riesgo por flujos de lodos o lahares en sectores agropecuarios, Distrito Matalaque .....	37
Tabla 25. Escenario de riesgo por flujos de lodos o lahares en sectores agropecuarios, Distrito San Juan de Tarucani.....	37
Tabla 26. Escenario de riesgo por flujos de lava en sectores agropecuarios, Distrito Ubinas .....	40



## 1 INTRODUCCIÓN

En el marco del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD), el Centro Nacional de Estimación, Prevención y Reducción del Riesgo de Desastres (CENEPRED) como ente técnico asesor de los componentes de la Gestión Prospectiva y Correctiva, elabora estudios en el contexto del Proceso de Estimación, tales como los escenarios de riesgo, que son los diagnósticos territoriales que permiten identificar zonas críticas a partir del análisis de los elementos expuestos al peligro.

Página | 5

El presente estudio, denominado “Escenario de riesgo volcánico: Misti (Arequipa) y Ubinas (Moquegua)” (Figura 1), es un trabajo de cooperación interinstitucional entre este CENEPRED, la Agencia Adventista para el Desarrollo y Recursos Asistencias (ADRA) y el Centro de Estudios de Prevención de desastres (PREDES), como parte de un convenio específico establecido por las partes.

Esta experiencia permitirá fortalecer el trabajo de cooperación entre este CENEPRED, como entidad técnica asesora del SINAGERD, y las organizaciones de la sociedad civil que realizan un trabajo directo con la población, autoridades y tomadores de decisión para la implementación de acciones de gestión del riesgo de desastres, en función a sus competencias.

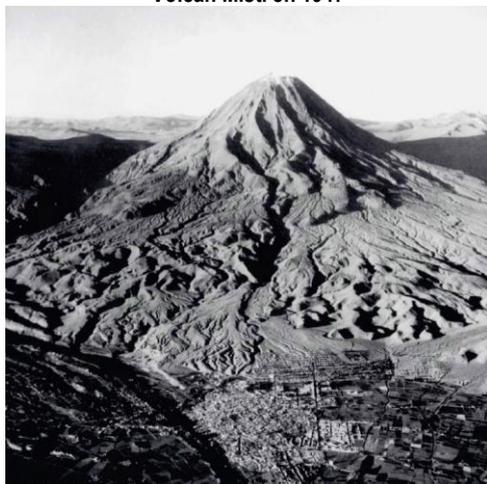
La elaboración del Escenario de riesgo volcánico surge en el marco del Proyecto denominado “Segunda fase: Aumentando la capacidad de resiliencia de las comunidades y los gobiernos subnacionales frente a los peligros volcánicos y los terremotos”, que se ejecuta en Arequipa y en el distrito de Ubinas (Moquegua) por las instituciones ADRA y PREDES, con el financiamiento de USAID, con la finalidad de fortalecer capacidades de autoridades y población para la gestión del riesgo de desastres.

El resultado de este estudio permitirá a los gobiernos locales (provinciales y distritales), contar con un diagnóstico territorial frente al riesgo volcánico, tener una referencia técnica para la priorización de sus recursos, la elaboración de instrumentos de la Gestión Prospectiva y Correctiva del riesgo, tales como los planes de prevención y reducción del riesgo de desastres o evaluaciones de riesgo, y para la implementación de acciones de corto, mediano y largo plazo, para la reducción del riesgo identificado en el ámbito de sus jurisdicciones.

El presente escenario de riesgo tomó como fuente base los mapas de peligros asociados a erupciones volcánicas, los cuales fueron generados por el Instituto Geológico, Minero y Metalúrgico (INGEMMET) para ambos casos de estudio. Finalmente, la identificación de los elementos expuestos se obtuvo del Censo de Población y Vivienda de 2017 del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) y del Censo Nacional Agropecuario de 2012.

Figura 1. Ámbitos de intervención

Volcán Misti en 1947



Volcán Ubinas en 2008



Fuente: INGEMMET (2013, 2016).



## 2 METODOLOGÍA

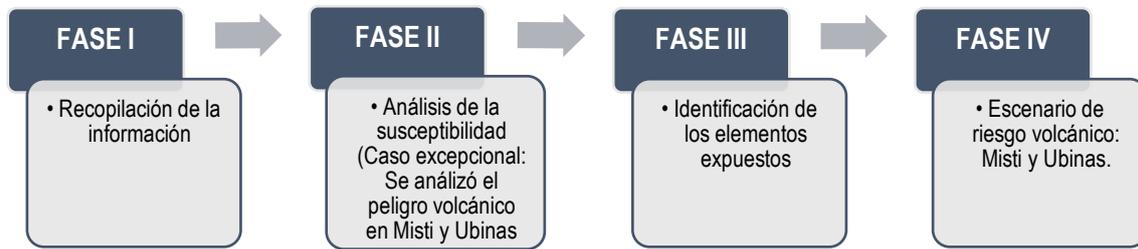
El presente escenario de riesgo se ha desarrollado en cuatro fases (Figura 2), la Fase I consistió en la recopilación de la información geoespacial y de archivos administrativos disponibles y desarrollados por entidades técnico-científicas, para tal fin, se generaron reuniones de coordinación entre los representantes del CENEPRED, PREDES, ADRA e INGEMMET; y se seleccionaron los estudios de peligro volcánico, así como las unidades de análisis de los elementos expuestos.

Página | 6

En la Fase II<sup>1</sup>, se analizaron los mapas de peligro volcánico para ambos casos de estudio. En el caso del volcán Misti, ubicado en el departamento de Arequipa, se determinó utilizar la siguiente información: el mapa de peligros de la zona proximal para peligros múltiples, el mapa de peligro por emplazamiento de flujos de barro o lahares, el mapa de peligros por caída de ceniza para una erupción de magnitud baja (IEV 2) y el mapa de peligros por caída de ceniza para una erupción de magnitud moderada o grande (IEV 3-6).

En el caso del volcán Ubinas, ubicado en el departamento de Moquegua, se determinó utilizar la siguiente información: el mapa de peligro por avalancha del volcán Ubinas, el mapa de peligro por piroclastos del volcán Ubinas, el mapa de peligro por flujos de lodos o lahares y el mapa de peligro por caídas de ceniza para una erupción de magnitud moderada a grande.

Figura 2. Esquema metodológico del escenario de riesgo volcánico: Misti y Ubinas



Fuente: Elaborado por CENEPRED.

En la Fase III, se determinaron los elementos expuestos para el análisis del escenario de riesgo. Con respecto a los datos de población y vivienda de ambas áreas de estudio, se determinó utilizar la información de los resultados de censo de población y vivienda del 2017, el cual fue elaborado por el INEI.

Por otra parte, para analizar los medios de vida de los ámbitos de estudio, se consideró apropiado utilizar la base del censo nacional agropecuario del año 2012, elaborado por el INEI, y las unidades de análisis geoespacial fueron los sectores agropecuarios de los distritos intervenidos; es importante mencionar que, esta fuente de información cuenta con datos de áreas agrícolas y población pecuaria.

En la Fase IV, se determinó el escenario de riesgo para ambos sectores (Misti y Ubinas), de acuerdo con las unidades mínimas de análisis de sus elementos expuestos disponibles. Es así como, en el caso de la determinación del mapa del escenario de riesgo en los elementos de población y viviendas, estas se definieron por su exposición con respecto a su ubicación en el mapa de peligro volcánico, según los tipos analizados para ambos casos de estudio.

Finalmente, con respecto al análisis de los sectores agrarios, estos fueron evaluados a través de quintiles, otorgándose una ponderación diferenciada según el nivel de importancia de las especies y utilización de áreas agrícolas en ambos casos de estudio, acto seguido, este resultado se superpuso con la capa de peligros volcánicos según cada área de estudio y se determinó el mapa del escenario de riesgo volcánico.

<sup>1</sup> Por ser un caso excepcional, en la Fase II del análisis de la susceptibilidad se utilizaron los mapas de peligros volcánicos para los casos de Misti y Ubinas.



# VOLCÁN UBINAS



Fuente: INGEMMET (2016).



### 3 VOLCÁN UBINAS

#### 3.1 Área de estudio

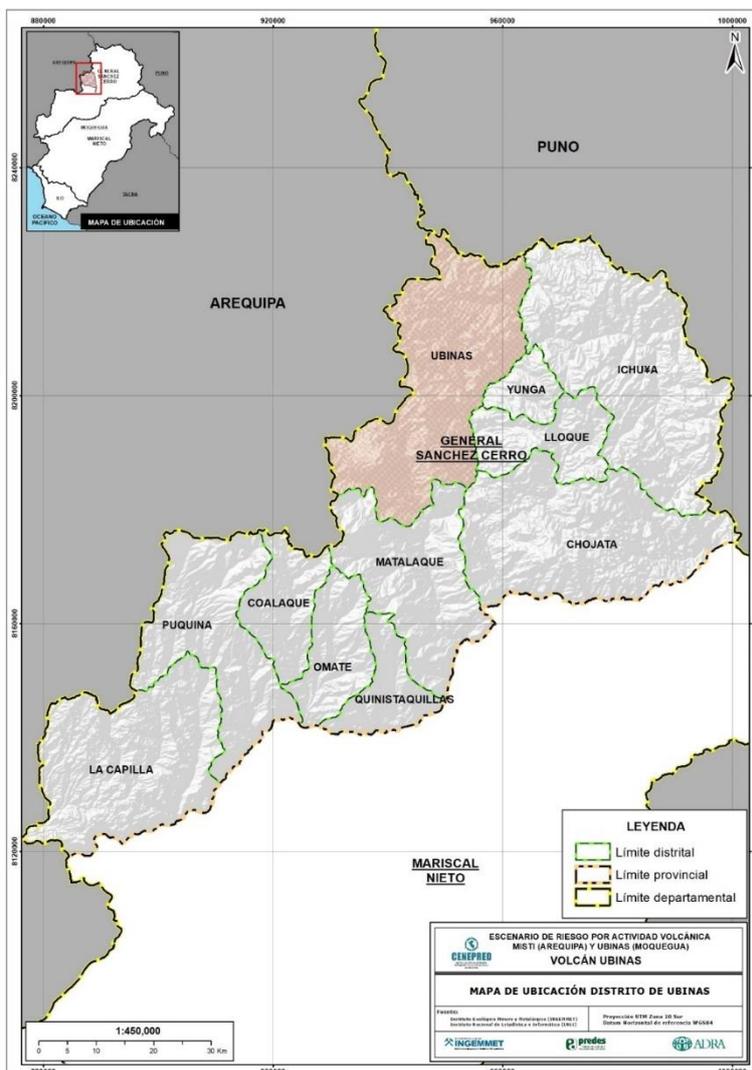
Con respecto al entorno del volcán Ubinas, los distritos analizados fueron Ubinas y Matalaque, pertenecientes a la provincia de General Sánchez Cerro del departamento de Moquegua; y el distrito de San Juan de Tarucani, perteneciente a la provincia de Arequipa, en el departamento del mismo nombre. Sin embargo, a diferencia del ámbito de estudio del volcán Misti, la población de este sector es completamente rural (Tabla 1, Figura 3).

Tabla 1. Población del área de estudio del volcán Ubinas

Distrito	Población		
	Total	Urbana	Rural
Ubinas	1,741	0	1,741
Matalaque	455	0	455
San Juan de Tarucani (Arequipa)	1,377	0	1,377
<b>Total</b>	<b>3,573</b>	<b>0</b>	<b>3,573</b>

Fuente: INEI (2017).

Figura 3. Área de estudio: Entorno del volcán Ubinas en Moquegua





### 3.2 El peligro volcánico

#### 3.2.1 Peligro volcánico: Ubinas

El volcán Ubinas se encuentra ubicado ~70 km al Este de la ciudad de Arequipa; en la Cordillera Occidental de los Andes del Sur de Perú. Forma parte de la cadena de volcanes calco-alcalinos pertenecientes a la «Zona Volcánica de los Andes Centrales» (ZVC), (De Silva y Francis, 1991). Localmente, está localizado al extremo de una altiplanicie volcánica y es surcado por los valles Ubinas y Para, en su sector Sur y Sureste (Figura 4) (INGEMMET, 2011).

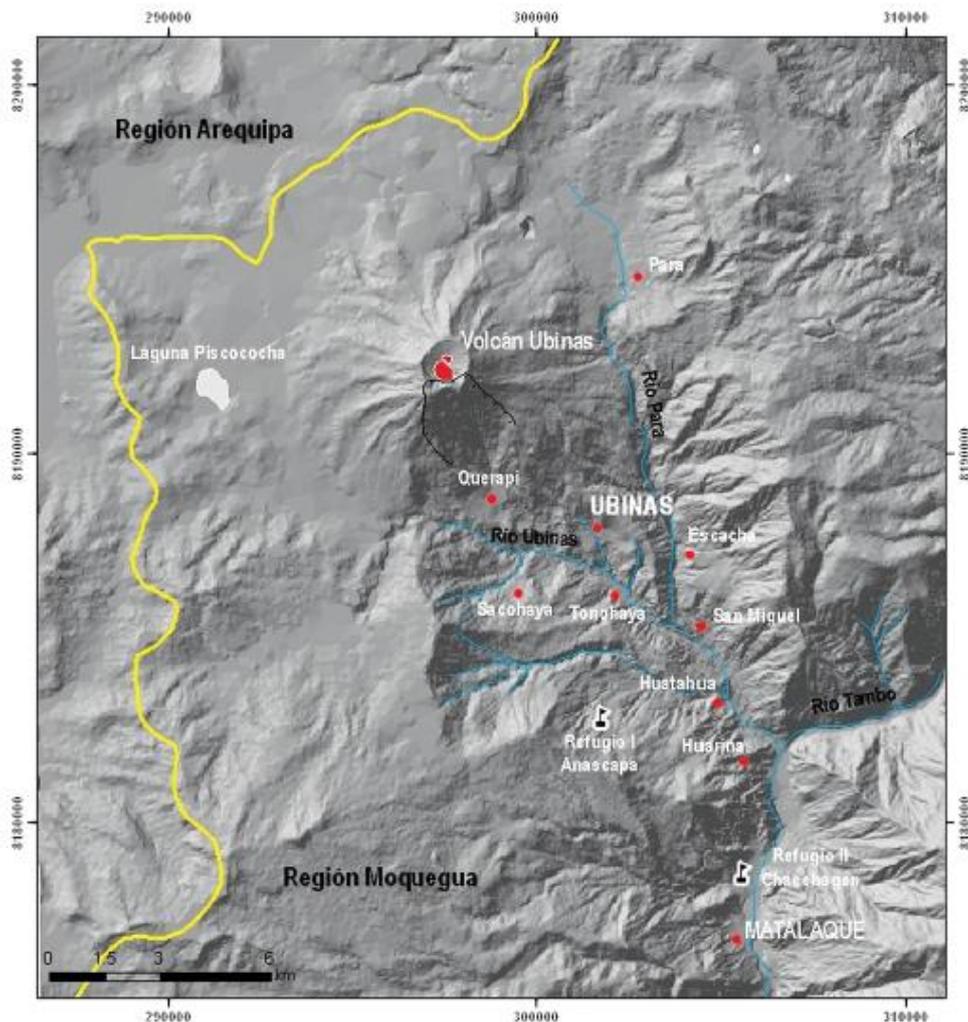
Políticamente, el volcán Ubinas se localiza dentro de la región Carlos Mariátegui, provincia de Sánchez Cerro, y distrito de Ubinas. En las coordenadas geográficas:

Latitud 16° 22' Sur

Longitud 70° 54' Oeste

La altura máxima del edificio volcánico es: 5636 msnm., cubre un área de ~65 km<sup>2</sup> y un volumen de ~54 km<sup>3</sup>, aproximadamente (INGEMMET, 2011).

Figura 4. Mapa de ubicación del volcán Ubinas.



#### 3.2.2 Geomorfología

El volcán Ubinas está localizado en una zona comprendida entre los 2800 y 5670 msnm., y forma parte de la Cordillera Occidental de los Andes Peruanos. En el estudio efectuado, se distinguieron las siguientes geofomas (INGEMMET, 2011):



## A) Geofomas de origen glaciario

Con este nombre designamos a las unidades litológicas afectadas por la actividad glaciario y a los depósitos producidos por dicha actividad, que afloran dentro del área de estudio. Entre estas geofomas de origen glaciario tenemos (Figura 5) (INGEMMET, 2011):

### *Valles Glaciados (GG-VPU)*

Al Sur y Este del volcán Ubinas se distinguen dos valles:

a) El valle de Ubinas. Este valle se prolonga desde la Quebrada Volcanmayo (pie del flanco sur del volcán Ubinas) hasta la confluencia del río Tambo (~14 km del cráter). En la cabecera de dicho valle afloran depósitos volcanoclásticos y avalanchas de escombros, en donde los ríos Ubinas y Sacohaya han producido encañonamientos. Hacia la parte baja del valle (3100 msnm.) y en ambas márgenes del río Ubinas, se encuentran terrazas. Dichas terrazas se hallan conformadas por lahares y/o depósitos aluviales. Además, sobre las terrazas se asientan los poblados de Tonohaya, San Miguel y Huatagua (INGEMMET, 2011).

b) El valle de Para. Es un valle glaciario estrecho y poco prolongado (menos de 3 km de longitud). Aguas arriba del valle, en ambas márgenes de este río afloran depósitos de flujos piroclásticos soldados cubiertos por flujos de lodo y depósitos aluviales. El curso superior y medio tiene una forma transversal en «U» o artesa, cuya profundidad en promedio es de 200 m y el ancho del cauce rara vez sobrepasa los 100 m. Aquí las paredes son casi verticales. El curso inferior también tiene forma de «U», y su profundidad, frecuentemente, sobrepasa los 400 m. El valle de Para se une al valle de Ubinas en las inmediaciones del poblado de San Miguel (INGEMMET, 2011).

### *Cumbre del Volcán (GG-CV)*

Corresponde a la parte más alta del estrato-cono y la caldera del volcán Ubinas. Esta zona presenta una morfología glaciario típica, labrada en los diversos flujos de lavas y depósitos volcanoclásticos de fuerte pendiente (~30° - 40° de inclinación). En la cumbre del volcán, la nieve se deposita en épocas de invierno (diciembre a marzo) con un espesor promedio de 50 cm (INGEMMET, 2011).

## B) Geofomas de origen volcánico

### *Estrato-volcán (GV-Est)*

El cono volcánico está constituido por innumerables flujos de lava y flujos piroclásticos, los cuales en gran parte están cubiertos por depósitos de cenizas y materiales retrabajados. Morfológicamente dentro de dicha estructura se destacan dos zonas: la base y la cumbre del edificio. La parte baja se encuentra sobre los 4300 msnm., y presenta superficies onduladas de suaves pendientes (< 20°). Mientras que hacia la parte alta se distingue un relieve de fuertes pendientes (> 40°) constituido por flujos y coladas de lavas bastante inclinadas. La parte alta del edificio es truncada hacia los 5560 msnm., en donde se ubica la caldera semi-elíptica cuyo eje tiene una dirección NO-SE, y es de 1,5 km de diámetro. Los extremos de los flancos Oeste, Norte y Este del estrato-cono corresponden a un área relativamente plana denominada zonas de altiplanicie. Mientras que en los extremos E, S, SE y NE se distinguen dos valles semi-encañonados de tipo glaciario. Entre los que figuran los valles de Ubinas y Para por donde drenan los ríos Ubinas y Para, respectivamente (INGEMMET, 2011).

### *Domos de Lava (GV-D)*

Existen cuatro domos de lava que se ubican al N, NE y SO del Ubinas, algunos posiblemente ligados a la actividad del Ubinas. Dichos domos tiene formas cónicas con una base semi-circular. Poseen entre 1,2 a 1,6 km<sup>2</sup> y de 0,2 a 0,6 km de altura. Los domos en general se encuentran cubiertos por cenizas holocénicas, históricas y cenizas emitidas durante la actividad 2006-2009 (INGEMMET, 2011).

## C) Otras geofomas



### Zona de Altiplanicie (OG-Alt)

Morfología extensa que se destaca entre las demás por presentar superficies horizontales y/o ligeramente onduladas o de suaves pendientes, distribuidas al Norte, Noroeste, Este y Suroeste del volcán. Esta zona de altiplanicie litológicamente está constituida por ignimbritas soldadas (al Norte y Este del volcán), y flujos de lava que pertenecen al substrato del edificio. Sobre estos depósitos descansan sedimentos volcanoclásticos y depósitos de lapilli y cenizas (INGEMMET, 2011).

La zona de altiplanicie durante el Pleistoceno a inicios del Holoceno fue intensamente glaciada, existiendo actualmente en ella gran cantidad de depósitos glaciares como:

- a) morrenas frontales y laterales (flanco Norte, Oeste y Sur del volcán Ubinas). Estas destacan por presentar una mezcla heterogénea de bloques de rocas volcánicas, gravas y limos;
- b) sedimentos glaciares y aluviales finos y bofedales rellenan las depresiones ubicadas al N y NE del volcán (INGEMMET, 2011).

### Zona de Altas Cumbres (OG-CV)

Corresponden a las zonas más elevadas (> 4800 msnm.) ubicadas dentro del área de estudio donde las condiciones de vida, tanto para los animales y plantas, se hacen difíciles (INGEMMET, 2011).

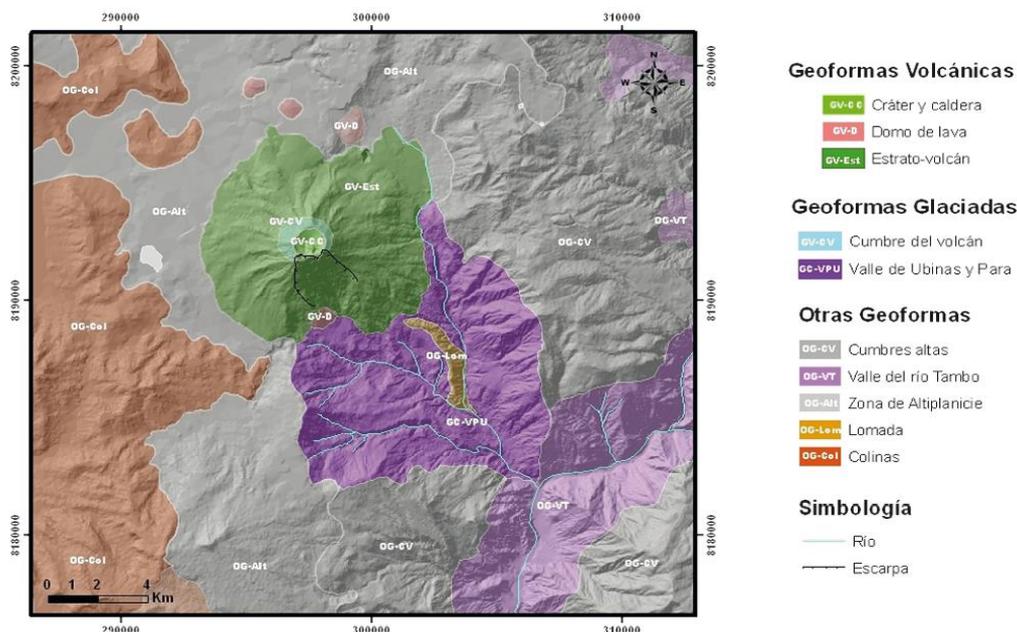
### Lomas (OG-Lom)

Corresponden a las zonas elevadas con pendientes suaves y onduladas ubicadas al sur del volcán Ubinas.

### Colinas (OG-Col)

Corresponden a zonas elevadas localizadas al Oeste del Ubinas. Estas zonas presentan pendientes de moderadas a abruptas (entre 30° y 80° de inclinación). Litológicamente, están constituidas por secuencias de lavas, flujos piroclásticos y lahares bastante cohesivos (INGEMMET, 2011).

Figura 5. Mapa geomorfológico del volcán Ubinas y alrededores.



Fuente: INGEMMET (2011).



### 3.2.3 Actividad histórica del Ubinas

Los estudios geológicos y vulcanológicos muestran que el volcán Ubinas es el producto de una intermitente y variada actividad volcánica ocurrida desde el Pleistoceno superior. Lo demuestran los depósitos que conforman el actual estrato-cono, y sobre todo, los depósitos que afloran en la parte baja de los flancos Sur y Sureste. Dicha actividad, principalmente de tipo explosiva, se prolongó hasta el Holoceno, para continuar durante el siglo XX con intensa actividad fumarólica y algunas erupciones pequeñas a moderadas caracterizadas por la ocurrencia de explosiones y emisiones de cenizas en forma intermitente.

Denominamos «actividad histórica» a la actividad eruptiva ocurrida desde la llegada de los españoles al actual territorio peruano ocurrida en 1530 AD.

Los estudios efectuados sobre la actividad eruptiva histórica del volcán Ubinas están basados en la recopilación de relatos históricos, diarios antiguos de los siglos XVIII y XIX, y encuestas realizadas a pobladores que viven desde las primeras décadas de este siglo. También están basados en el trabajo efectuado por Rivera (1998), y los datos obtenidos de los catálogos «Volcanoes of the world» (Simkin y Siebert, 1994) y «The active volcanoes of Peru» (Hantke y Parodi, 1966). Según estos trabajos el volcán Ubinas presentó 24 eventos volcánicos, referidos a altas emisiones de gases y cenizas, ocurridas durante 5 siglos (desde 1550 AD hasta la actualidad) con una recurrencia de 2 a 6 erupciones por siglo. La mayoría de las erupciones se caracterizaron por presentar un índice de explosividad volcánica (IEV) igual a 1. Las fechas de tres eventos eruptivos (1778, 1912 o 1913 y 1923 o 1925) no son muy precisas, debido a que los datos fueron encontrados en un artículo científico y mencionan pocas características de las erupciones. Según estos reportes, el volcán Ubinas en ocasiones ha manifestado intensa actividad fumarólica que provocó alarma y tensión entre los pobladores del valle de Ubinas, quienes aún padecen los efectos provocados por la actividad de este volcán.

A continuación, se describe las características de los eventos eruptivos registrados desde 1550 AD, en la que se muestra el grado de actividad y los diversos daños que ocasionaron a los diversos poblados aledaños localizados dentro de un radio de 12 km del cráter (Tabla 2).

Tabla 2. Actividad histórica del Ubinas

Evento	Descripción
Actividad eruptiva de 1550	Corresponde a la erupción histórica más antigua y según Simkin y Siebert (1994) fue de tipo central y explosiva con un índice de una explosividad volcánica igual a 2. Desde luego, la edición de estos primeros registros se inició con la llegada de los españoles al actual territorio peruano.
Actividad eruptiva de 1599	«Del 7 al 9 de Febrero de 1599 se percibió en el Ubinas intermitentes estruendos. El 9 de Febrero empezó una gran oscuridad, desgarrada por truenos y lluvias; algo aclaró el 11, a las 4 de la tarde, pero el sol volvió a verse únicamente el día 13; y durante 15 días cayeron cenizas en los contornos, amenazando aún a la ciudad de Arequipa». (Tauro del Pino, 1967; Polo, 1899). No existen datos referentes a las magnitudes ni daños ocasionados a los poblados aledaños a este volcán.
Actividad eruptiva de 1600?	Esta erupción se encuentra registrada en el catálogo «Volcanoes of the world» (Simkin y Siebert, 1994). Sin embargo, se refiere quizás a la erupción del volcán Huaynaputina ocurrida el 19 de febrero de 1600 d.C. (Thouret et al, 1997). Afirmamos esto porque dichos volcanes se encuentran separados por una distancia de 30 km en línea recta, y los que interpretaron inicialmente debieron ser naturales que vivieron fuera del lugar. Desde luego, también cabe la posibilidad de que en este año el volcán Ubinas estuviera activo.
Actividad eruptiva de 1662	En 1662 se registró una gran erupción explosiva moderada durante la cual las cenizas alcanzaron hasta la ciudad de Moquegua, a las pampas de Sama y Locumba, ubicadas a 280 km al SO del volcán (Tauro de Pino, 1967). Esta actividad eruptiva debió ser muy importante, y desde luego la dirección y velocidad de los vientos influenciaron en el desplazamiento de las cenizas hacia el Suroeste. Según el catálogo «Volcanoes of the world» (Simkin y Siebert, 1994), esta erupción tuvo un



	índice de explosividad volcánica igual o mayor a 2. Aún se desconocen los daños y efectos causados en los poblados aledaños.
Actividad eruptiva de 1667 y 1778	Según el catálogo «Volcanoes of the world» (Simkin y Siebert, 1994), estos eventos eruptivos corresponden a erupciones centrales y explosivas. La erupción de 1667 tuvo un índice de explosividad volcánica igual a 3. Suponemos que esta erupción debió ser la más grande que tuvo el volcán Ubinas desde el siglo XVI. En efecto, en esta erupción fueron emitidos flujos de escorias y cenizas de tipo Saint-Vincent, que actualmente se encuentran en el flanco NO del volcán. Aún se desconoce el alcance, así como los efectos o daños que ocasionaron sus depósitos. Igualmente sucede con la erupción de 1778, de la cual se desconoce las características y alcance de sus depósitos. Esta última fecha de erupción fue obtenida de relatos históricos por pobladores del lugar que posteriormente en 1995 fueron publicados por Juan Valdivia.
Actividad eruptiva de 1784	Según el catálogo «Volcanoes of the world» (Simkin y Siebert, 1994), este evento eruptivo corresponde a una erupción central y explosiva, con un índice de explosividad volcánica igual a 2. Este dato es corroborado por Zamácola y Jaúregui quienes acompañaron en visita pastoral (1789) al obispo Chávez de la Rosa al pueblo de Ubinas. Ellos señalaron que «en el pueblo de Ubinas, distante a 30 leguas (de Arequipa) existe un volcán que continuamente está exhalando humo; así lo observamos cuando fuimos aquel pueblo» (Zamácola y Jaúregui, 1789).
Actividad eruptiva de 1826, 1830 y 1862	Por las características de las actividades eruptivas reportadas por Hantke y Parodi (1966), y Simkin y Siebert (1994), estos eventos eruptivos corresponden a erupciones explosivas moderadas, con un índice de explosividad volcánica igual a 2. Aún no conocemos el área alcanzada por los depósitos ni los efectos provocados por estas erupciones.
Actividad eruptiva de 1865	La erupción de 1865 inicialmente fue reportada por Raymondi, quién visitó Ubinas en Febrero de 1865. Raymondi además dio a conocer las coordenadas del volcán Ubinas. Posteriormente, Hantke y Parodi (1966) y Simkin y Siebert (1994) confirman la ocurrencia de una erupción central y explosiva, con un índice de explosividad volcánica igual a 2.
Actividad eruptiva de 1867	Según Hantke y Parodi (1966) esta erupción ocurrió entre el 24 y 28 de Mayo de 1867. Simkin y Siebert (1994) la catalogan como una erupción central y explosiva, con un índice de explosividad volcánica igual a 2.
Actividad eruptiva de 1869, 1906 y 1907	Las erupciones de 1869 y 1906 ocurrieron en el mes de octubre. Inicialmente, estas erupciones fueron registradas por Hantke y Parodi (1966). Según Simkin y Siebert (1994), estos eventos eruptivos corresponden a erupciones centrales y explosivas, con un índice de explosividad volcánica igual a 2.
Actividad eruptiva de 1912-1913 ?	Por los años de 1912 o 1913 hubo una erupción que duró de 3 a 4 años, la cual perjudicó los terrenos de sembríos y, consecuentemente, ocasionó la muerte de ganados. Por este motivo, muchas familias trataron de establecerse en Arequipa en salvaguarda de sus vidas e intereses. Durante esta erupción el volcán emitió cenizas negras, por lo menos de tres a cuatro años acompañados de movimientos sísmicos. Inicialmente, las nubes de cenizas negras cayeron sobre Ubinas, luego se giraron y se prolongaron hasta Chojata y Yalahua, distantes 18 km al Sureste y Noreste del volcán respectivamente (Benamente, 1997 - comunicación oral; Diario El Pueblo, 1936). Por las características descritas en los relatos, inferimos que el índice de explosividad volcánica fue igual o superior a 2. ¿La erupción de 1912 -1913? no fue registrada en el catálogo «Volcanoes of the world» (Simkin y Siebert, 1994).
Actividad eruptiva de 1923-1925?	El señor Juan Almuelle (Chavéz, 1992) relata: «Por el año de 1923, Arequipa amaneció con ceniza. Era por coincidencia miércoles de ceniza, y las calles estaban llenas de cenizas, que eran del volcán Ubinas. La capa delgada de esta erupción era muy fina y no se observaba en el campo claramente». Según Benamente, 1997 (comunicación oral) la erupción consistió en emisiones de cenizas calientes de color gris, estas se prolongaron por Para y Yalahua (Noreste del volcán). Asociados a este evento eruptivo se sintieron movimientos sísmicos de baja intensidad en áreas



	aledañas. Posteriormente, las cenizas emitidas se mezclaron con el agua formando flujos de barro que se desplazaron por los flancos S y SE, con dirección al valle de Ubinas. Este evento duró casi tres años con niveles variables de la actividad eruptiva.
Actividad eruptiva de 1936	El fenómeno eruptivo se caracterizó por una alta actividad fumarólica y emisiones de cenizas grises, además estuvo acompañado con intermitentes movimientos sísmicos de baja intensidad. Por las características descritas de sus depósitos, el tipo y grado de actividad, y los daños provocados le inferimos un índice de explosividad volcánica igual a 2 o 3. Según relatos que se muestran a continuación los pobladores del valle de Ubinas pedían al gobierno central el traslado hacia la zona de la Joya, a fin de protegerse de un gran desastre que amenazaba destruir el distrito. Estos pedidos fueron hechos en años anteriores a 1936, pero lamentablemente no se hizo nada en ese entonces. Los siguientes datos periodísticos de la erupción de 1936 obtenidos del diario «El Pueblo», muestran los efectos o daños que la actividad eruptiva del volcán Ubinas ha causado en el valle de Ubinas, sobre todo en el distrito de Ubinas.
Erupción de 1937	Esta erupción fue reportada en la mayoría de textos y diarios recopilados. Según Simkin y Siebert (1994), esta erupción tiene un índice de explosividad volcánica igual a 2. Al igual que los datos mostrados anteriormente, las características de este evento eruptivo y los daños que provocó, ayudarán en la evaluación de riesgos.
Actividad eruptiva de 1951	Al igual que la anterior erupción, la actividad volcánica de 1951 fue descrita por los pobladores del lugar, y posteriormente registrada en «Volcanoes of the world» (Simkin y Siebert, 1994), con un índice de explosividad volcánica igual a 2. Los pobladores de los pueblos aledaños, sobre todo del pueblo de Ubinas, durante la erupción estuvo tensos y alarmados, padeciendo de los efectos provocados por la emisión de cenizas y gases.
Actividad eruptiva de 1956	Esta erupción fue registrada por Hantke y Parodi (1966) y Simkin y Siebert (1994), quienes señalan que se inició en mayo de 1956 con la emisión de cenizas, y culminó en octubre del mismo año. Esta erupción causó daños en los terrenos agrícolas del valle de Ubinas. Por las características descritas corresponden a una leve erupción explosiva, con un índice de explosividad volcánica igual a 2.
Actividad eruptiva de 1969	La erupción registrada en 1969 se inició el 16 de mayo, y se caracterizó por la emisión de cenizas grises y alta actividad fumarólica. Ocasionó la muerte de ganados por la contaminación de los pastos y las aguas de regadío con cenizas emitidas por el volcán. Las características de su manifestación y los tipos de depósitos alegan que la actividad eruptiva era explosiva y con un índice de explosividad volcánica igual a 2 (Simkin y Siebert, 1994).
Alta actividad fumarólica de 1995 - 1996	La alta actividad fumarólica fue reportada en diciembre de 1995 por miembros de IRD (ex-ORSTOM) e IGP (Thouret et al., 1996; Rivera et al., 1998), dicha actividad se prolongó hasta mayo de 1996 en forma permanente y hasta mediados de 1997 en forma discontinua. La actividad fumarólica consistía en «bocanadas» de gases que se desplazaban por las mañanas y las noches por encima de la cumbre del volcán. La altura promedio que las fumarolas alcanzaron fue de 300 a 700 m y, esporádicamente, alrededor de 1 km. Las fumarolas estuvieron constituidas de vapor de agua y gases calientes que emanaban de seis ventos ubicados al fondo del cráter. En aquel entonces no se reportó emisión de cenizas.

Fuente: INGEMMET (2011).



### 3.2.4 Mapa de peligros del volcán Ubinas

#### 3.2.4.1 Determinación del nivel de peligrosidad ante avalancha de escombros

Las avalanchas de escombros son deslizamientos rápidos del flanco de un volcán. Son causadas por fracturas que producen inestabilidad del volcán, pendiente elevada de las laderas, presencia de fallas, sismos fuertes, alteración hidrotermal y explosiones volcánicas. Las avalanchas de escombros bajan a gran velocidad y destruyen todo lo que encuentran a su paso. Es poco común en la historia eruptiva del Volcán Ubinas. La última avalancha de escombros ocurrió hace aproximadamente 3760 años A.P (CENEPRED, 2014).

#### A) Factores condicionantes

Para la evaluación de la susceptibilidad del área de influencia del Volcán Ubinas al peligro de avalancha de escombros; se han considerado como factores condicionantes del territorio a la litología, geomorfología, pendiente e hidrogeología y como factor desencadenante a la sismicidad (CENEPRED, 2014).

#### B) Factor desencadenante ante avalancha de escombros

Se consideró a la sismicidad como factor desencadenante para este peligro. No hubo disponibilidad de más información de otros factores desencadenantes. Asimismo, se utilizó el método de análisis multicriterio desarrollado por Tomas L. Saaty (1980), para ponderara sus descriptores el cual permite incorporar criterios cuantitativos y cualitativos (CENEPRED, 2014).

#### C) Definición del escenario de riesgo

Se ha planteado el escenario más severo en función del índice de explosividad volcánico (IEV) de acuerdo con el mapa de peligros de INGEMMET:

#### **Escenario:**

Los pueblos ubicados en el área de influencia del volcán Ubinas pueden ser severamente afectados por avalancha de escombros durante una erupción volcánica. Cualquier tipo de erupción podría afectar, inclusive las de baja magnitud como las ocurridas los últimos 500 años con un Índice de Explosión Volcánica de 1 a 3, entre ellos la erupción de 1667 o la erupción del 2006-2009 (Tabla 3, Figura 6) (CENEPRED, 2014).

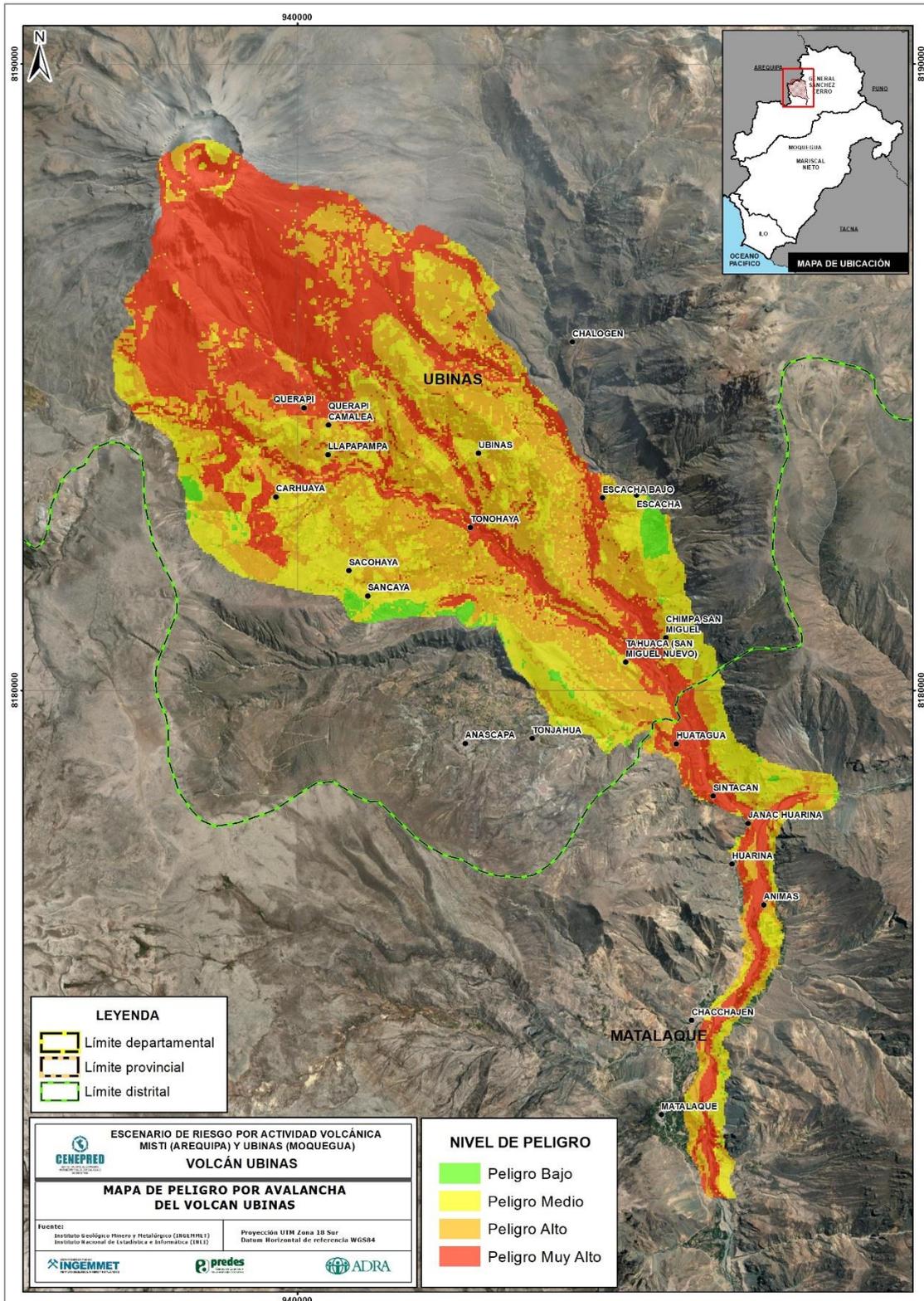
Tabla 3. Estratificación de peligrosidad ante avalancha de escombros

NIVEL	DESCRIPCION
MUY ALTO	La pendiente de terreno es mayor a 50°. La geomorfología del terreno está caracterizada por ser montañosa. La litología corresponde a presencia de depósitos de piroclásticos. La hidrogeología en el terreno está formada por grandes acuitardos. La magnitud de la sismicidad es mayor a 7.
ALTO	La pendiente de terreno está entre 35° a 50°. La geomorfología del terreno está caracterizada por ser colinas. La litología corresponde a compuestos volcánicos. La hidrogeología en el terreno está formada por acuitardo sedimentario. La magnitud de la sismicidad es entre 6 a menor a 7.
MEDIO	La pendiente de terreno está entre 20° a 35°. La geomorfología del terreno está caracterizada por ser altiplanicie. La litología corresponde a intrusivos. La hidrogeología en el terreno está formada por grandes acuitardos. La magnitud de la sismicidad es entre 5 a menor a 6.
BAJO	La pendiente de terreno está entre 5° a 20°. La geomorfología del terreno está caracterizada por ser valle abierto. La litología corresponde a depósitos cuaternarios, bofedales y otros. La hidrogeología en el terreno está formada por acuitardo volcánico y en zona de alteración. La magnitud de la sismicidad es menor a 4.

Fuente: CENEPRED (2014)



Figura 6. Mapa de peligro por avalancha del volcán Ubinas





3.2.4.2 *Determinación del nivel de peligrosidad ante flujos piroclásticos*

Los flujos piroclásticos son mezclas de ceniza, fragmentos de roca y gases calientes con temperaturas entre 300°C a 800°C. Estos descienden por los flancos del volcán a ras de la superficie y a grandes velocidades, entre 100 y 300 m/s. Están constituidos normalmente por una parte inferior densa, que se encauza y desplaza por el fondo de las quebradas o valles, y otra superior, menos densa denominada oleada piroclástica, compuesta por una nube de gases y ceniza que con frecuencia salen del valle, pudiendo afectar un área mayor. Estos flujos destruyen y calcinan todo lo que encuentran a su paso, son poco frecuentes en la actividad histórica del volcán Ubinas y ocurren entre 2 000 y 500 años (CENEPRED, 2014).

A) Factores condicionantes por flujos piroclásticos

Para la evaluación de la susceptibilidad territorio ante el peligro de flujos piroclásticos; se consideró como factores condicionantes: la litología, geomorfología, pendiente e hidrogeología y como factor desencadenante: la sismicidad (CENEPRED, 2014).

B) Factor desencadenante

Se consideró a la sismicidad como factor desencadenante para este peligro. No hubo disponibilidad de más información de otros factores desencadenantes. Asimismo, se utilizó el método de análisis multicriterio desarrollado por Tomas L. Saaty (1980), para ponderar a sus descriptores el cual permite incorporar criterios cuantitativos y cualitativos (CENEPRED, 2014).

C) Definición del escenario de riesgo

Se ha planteado un escenario en función del índice de explosividad volcánico (IEV) de acuerdo con el mapa de peligros de INGEMMET:

**Escenario:**

Los pueblos ubicados en el área de influencia del volcán Ubinas pueden ser severamente afectados por flujos de piroclásticos durante una erupción volcánica. Cualquier tipo de erupción podría afectar, inclusive las de baja magnitud como las ocurridas los últimos 500 años con un Índice de Explosión Volcánica de 1 a 3, entre ellos la erupción de 1667 o la erupción del 2006-2009 (Tabla 4, Figura 7) (CENEPRED, 2014).

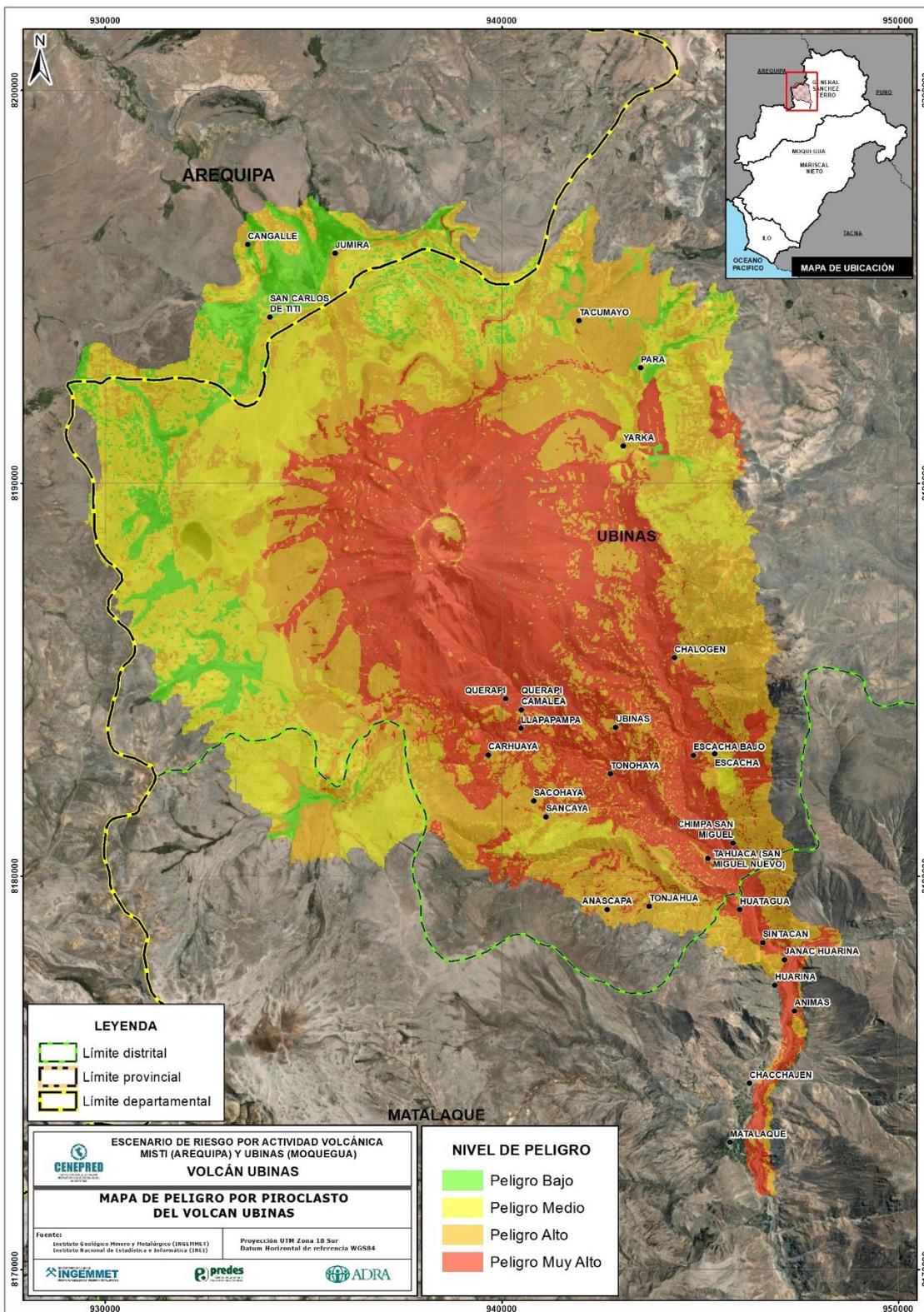
Tabla 4. Estratificación de peligrosidad ante flujos piroclásticos

NIVEL	DESCRIPCION
MUY ALTO	La pendiente de terreno es mayor a 50°. La geomorfología del terreno está caracterizada por ser montañosa. La litología corresponde a depósitos piroclásticos. La hidrogeología en el terreno está formada por grandes acuitardos. La sismicidad es de magnitud mayor a 7.
ALTO	La pendiente de terreno está entre 35° a 50°. La geomorfología del terreno está caracterizada por ser colinas. La litología corresponde a compuestos volcánicos. La hidrogeología en el terreno está formada por acuitardo sedimentario. La sismicidad es de magnitud entre 6 y menor a 7.
MEDIO	La pendiente de terreno está entre 20° a 35°. La geomorfología del terreno está caracterizada por ser altiplanicie. La litología corresponde a intrusivos. La hidrogeología en el terreno está formada por grandes acuitardos. La sismicidad es de magnitud entre 5 y menor a 6.
BAJO	La pendiente de terreno está entre 5° a 20°. La geomorfología del terreno está caracterizada por ser valle abierto. La litología corresponde a depósitos cuaternarios, bofedales y otros. La hidrogeología en el terreno está formada por acuitardo volcánico y en zona de alteración. La sismicidad es de magnitud menor a 4.

Fuente: CENEPRED (2014)



Figura 7. Mapa de peligro por piroclastos del volcán Ubinas





### 3.2.4.3 Determinación del nivel de peligrosidad ante flujos de lodos o lahares

De acuerdo con el INGEMMET (2006), los flujos de barro o lahares son mezclas de fragmentos de roca volcánica de tamaños diversos movilizados por el agua, que fluyen rápidamente, con velocidades promedio entre 10 y 20 m/s. Se generan en periodos de erupción o de reposo volcánico. El agua puede provenir de fuertes lluvias o de la fusión de hielo o nieve. Estos flujos viajan a lo largo de quebradas o ríos, y eventualmente pueden salirse de sus cauces. El área afectada depende del volumen de agua, materiales sueltos disponibles, así como de la pendiente del área. Normalmente destruyen todo a su paso y pueden recorrer grandes distancias (mayor a 100 km). Los flujos de lodos o lahares son muy comunes durante erupciones del Volcán Ubinas.

#### A) Factores condicionantes

Para la evaluación de la susceptibilidad del territorio ante el peligro de flujos de lodos o lahares; se consideró como factores condicionantes: la litología, geomorfología, pendiente e hidrogeología y como factor desencadenante: la sismicidad.

#### B) Factor desencadenante

Se consideró a la sismicidad como factor desencadenante para este peligro. No hubo disponibilidad de más información de otros factores desencadenantes. Asimismo, se utilizó el método de análisis multicriterio desarrollado por Tomas L. Saaty (1980), para ponderar a sus descriptores el cual permite incorporar criterios cuantitativos y cualitativos (CENEPRED, 2014).

#### C) Definición del escenario de riesgo

Se ha planteado un escenario en función del índice de explosividad volcánico (IEV) de acuerdo con el mapa de peligros de INGEMMET:

#### **Escenario:**

Los pueblos ubicados en el área de influencia del volcán Ubinas pueden ser severamente afectados por flujos de lodos o lahares durante una erupción volcánica. Cualquier tipo de erupción podría afectar, inclusive las de baja magnitud como las ocurridas los últimos 500 años con un Índice de Explosión Volcánica de 1 a 3, entre ellos la erupción de 1667 o la erupción del 2006- 2009 (Tabla 5, Figura 8) (CENEPRED, 2014).

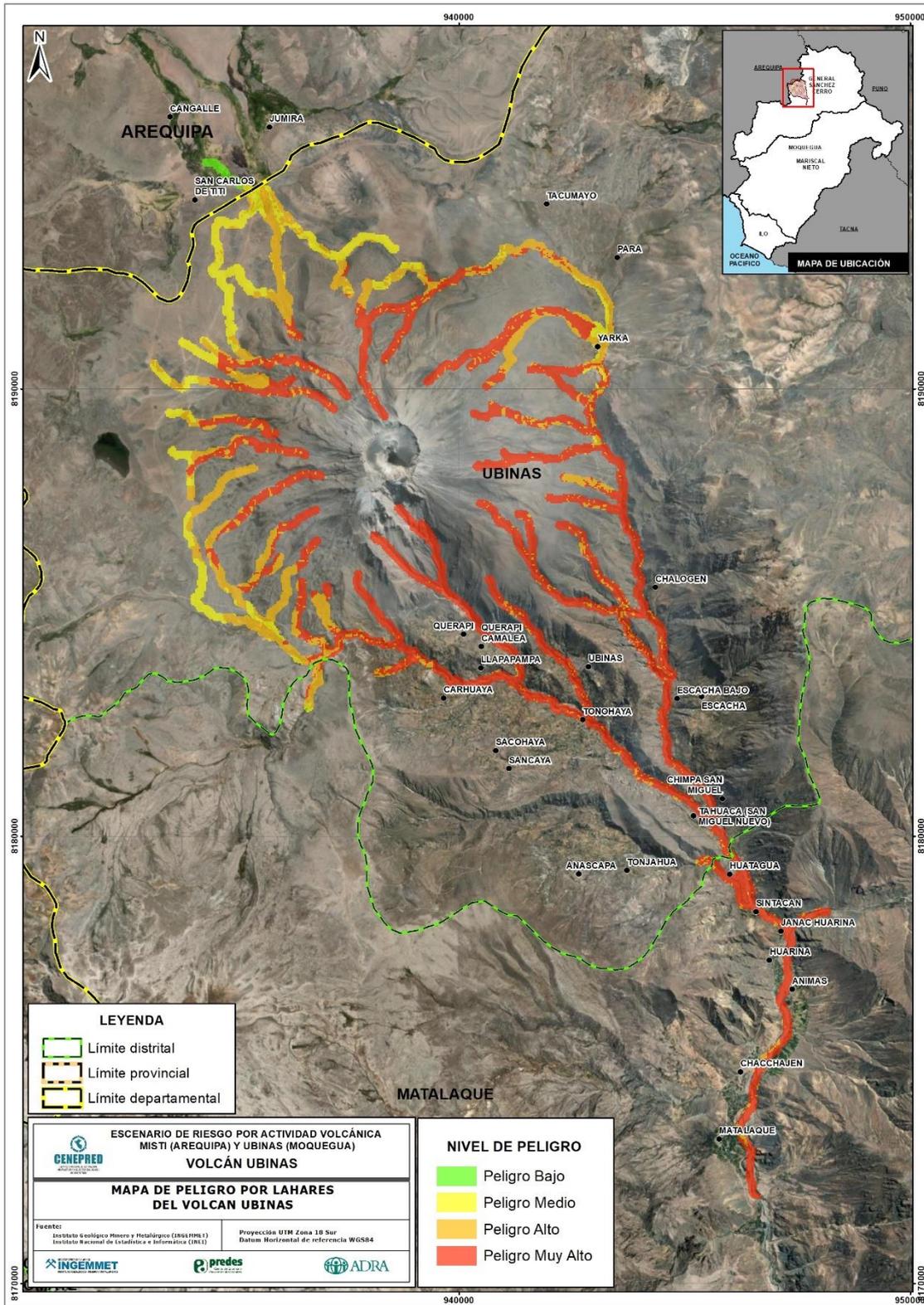
Tabla 5. Estratificación de peligrosidad ante flujos de lodos o lahares

NIVEL	DESCRIPCION
<b>MUY ALTO</b>	La pendiente de terreno es mayor a 50°. La geomorfología del terreno está caracterizada por ser montañosa. La litología corresponde a presencia de piroclásticos. La hidrogeología en el terreno está formada por grandes acuitardos. La sismicidad es de magnitud mayor a 7.
<b>ALTO</b>	La pendiente de terreno está entre 35° a 50°. La geomorfología del terreno está caracterizada por ser colinas. La litología corresponde a compuestos volcánicos. La hidrogeología en el terreno está formada por acuitardo sedimentario. La sismicidad es de magnitud entre 6 y menor a 7.
<b>MEDIO</b>	La pendiente de terreno está entre 20° a 35°. La geomorfología del terreno está caracterizada por ser altiplanicie. La litología corresponde a intrusivos. La hidrogeología en el terreno está formada por grandes acuitardos. La sismicidad es de magnitud entre 5 y menor a 6.
<b>BAJO</b>	La pendiente de terreno está entre 5° a 20°. La geomorfología del terreno está caracterizada por ser valle abierto. La litología corresponde a depósitos cuaternarios, bofedales y otros. La hidrogeología en el terreno está formada por acuitardo volcánico y en zona de alteración. La sismicidad es de magnitud menor a 4.

Fuente: CENEPRED (2014)



Figura 8. Mapa de peligro por flujos de lodos o lahares





### 3.2.4.4 Determinación del nivel de peligrosidad ante flujo de lava

De acuerdo con el INGEMMET (2006), los flujos de lava son corrientes de roca fundida, expulsados por el cráter o fracturas en los flancos del volcán. Pueden fluir por el fondo normalmente se enfrían en áreas aledañas al cráter o recorren escasos kilómetros. Los flujos de lava destruyen y calcinan todo a su paso. Si el volcán Ubinas emite más de 0.5 km<sup>3</sup> de lava puede provocar el colapso del flanco sur del edificio volcánico debido a la presión que ejercería sobre éste.

#### A) Factores condicionantes

Para la evaluación de la susceptibilidad territorio ante el peligro de flujos de lava; se consideró como factores condicionantes: la litología, geomorfología, pendiente e hidrogeología y como factor desencadenante: la sismicidad.

#### B) Factor desencadenante

Se consideró a la sismicidad como factor desencadenante para este peligro. No hubo disponibilidad de más información de otros factores desencadenantes. Asimismo, se utilizó el método de análisis multicriterio desarrollado por Tomas L. Saaty (1980), para ponderar a sus descriptores el cual permite incorporar criterios cuantitativos y cualitativos (CENEPRED, 2014).

#### C) Definición del escenario de riesgo

Se ha planteado un escenario en función del índice de explosividad volcánico (IEV) de acuerdo con el mapa de peligros de INGEMMET:

#### Escenario:

Los pueblos ubicados en el área de influencia del volcán Ubinas pueden ser severamente afectados por flujos de lava durante una erupción volcánica. Cualquier tipo de erupción podría afectar, inclusive las de baja magnitud como las ocurridas los últimos 500 años con un Índice de Explosión Volcánica de 1 a 3, entre ellos la erupción de 1667 o la erupción del 2006-2009 (Tabla 6, Figura 9).

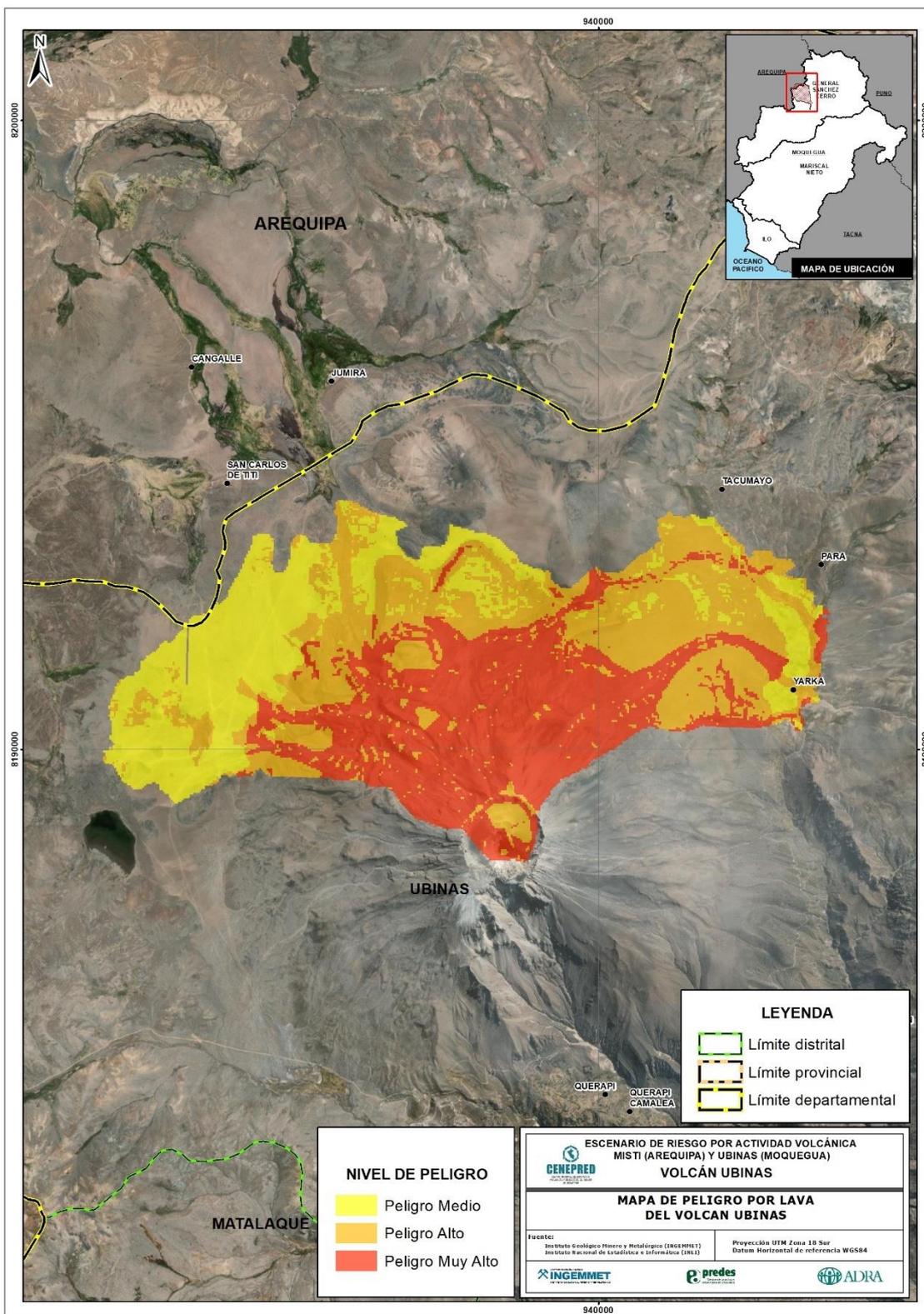
Tabla 6. Estratificación de peligrosidad ante flujos de lava

NIVEL	DESCRIPCION
MUY ALTO	La pendiente de terreno es mayor a 50°. La geomorfología del terreno está caracterizada por ser montañosa. La litología corresponde a presencia de piroclásticos. La hidrogeología en el terreno está formada por grandes acuitardos. La sismicidad es de magnitud mayor a 7.
ALTO	La pendiente de terreno está entre 35° a 50°. La geomorfología del terreno está caracterizada por ser colinas. La litología corresponde a compuestos volcánicos. La hidrogeología en el terreno está formada por acuitardo sedimentario. La sismicidad es de magnitud entre 6 y menor a 7.
MEDIO	La pendiente de terreno está entre 20° a 35°. La geomorfología del terreno está caracterizada por ser altiplanicie. La litología corresponde a intrusivos. La hidrogeología en el terreno está formada por grandes acuitardos. La sismicidad es de magnitud entre 5 y menor a 6.
BAJO	La pendiente de terreno está entre 5° a 20°. La geomorfología del terreno está caracterizada por ser valle abierto. La litología corresponde a depósitos cuaternarios, bofedales y otros. La hidrogeología en el terreno está formada por acuitardo volcánico y en zona de alteración. La sismicidad es de magnitud menor a 4.

Fuente: CENEPRED (2014)



Figura 9. Mapa de peligro por flujo de lava





### 3.2.4.5 Determinación del nivel de peligrosidad ante caída de tefras

De acuerdo con el INGEMMET (2006), las caídas de tefras se generan cuando los fragmentos de roca son expulsados hacia la atmósfera violentamente, formando una columna eruptiva alta, que posteriormente caen sobre la superficie terrestre. Los fragmentos más grandes y densos caen cerca del volcán y se denominan bombas o bloques (> 64 mm), mientras que las partículas de menor tamaño denominadas lapilli pómez (2-64 mm) y ceniza (< 2 mm) son llevadas por el viento a grandes distancias, luego caen y forman una capa de varios milímetros o centímetros de espesor. Estas partículas pueden causar problemas de salud en las personas, contaminar las fuentes de agua, afectar cultivos, interrumpir el tráfico aéreo, etc.

#### A) Factores condicionantes

La zona preseleccionada considera el área de estudio del Volcán Ubinas, según el mapa de peligros por caída de cenizas para una magnitud baja a moderada (IEV 1 a 3) elaborado por el INGEMMET. Se utilizó el mapa de peligro por tefras realizado por INGEMMET y se digitalizó para las ponderaciones correspondientes, de acuerdo con los criterios de su mapa de peligros (CENEPRED, 2014).

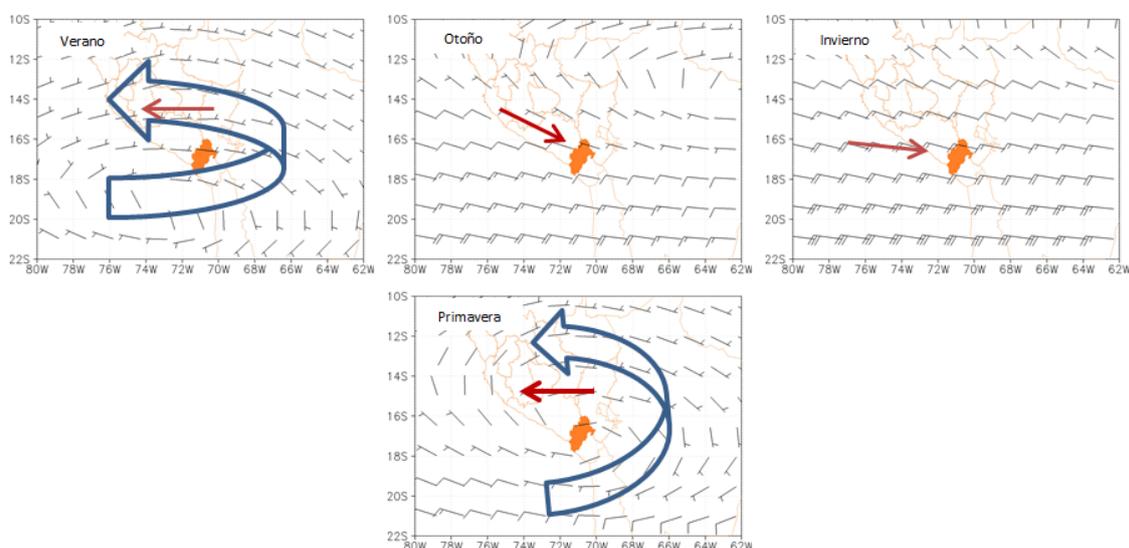
#### Análisis de factores condicionantes: Viento (dirección, altura, velocidad)

Patrones de flujos de vientos en niveles medios y altos de la atmósfera (6000, 9,000 y 12,000 m.s.n.m. aprox.) Los flujos de vientos a una altura, aproximada de 6 000 m.s.n.m.: en los meses de verano, muestran una configuración de giro anticiclónico (giro contrario a las agujas del reloj) al suroeste de la Región Moquegua, con una predominancia de vientos de dirección Este, desde el extremo norte de Chile, con velocidad hasta de 5 nudos (CENEPRED, 2014).

Para los meses de otoño, el flujo de los vientos muestra un cambio substancial, respecto a su dirección y velocidad, observándose el dominio de vientos de dirección Noroeste con velocidades comprendidos de 5 a 10 (CENEPRED, 2014).

Para la estación de invierno, los flujos de viento muestran el dominio de vientos de dirección Oeste, con velocidades de 15 a 30 nudos entre el norte de Chile y Arequipa, en tanto que para los meses de octubre y noviembre; se observa nuevamente la configuración anticiclónica, con flujos de dirección Oeste, sobre Moquegua y Arequipa, variando paulatinamente hacia diciembre con flujos de dirección Este y Noreste sobre Moquegua, con velocidad hasta de 5 nudos. La intensidad del viento en el transcurso del año suele ser de ligera intensidad en el orden de 2.5 a 7.5 m/s (Figura 10) (CENEPRED, 2014).

Figura 10. Flujos de viento a 6 000 m.s.n.m.

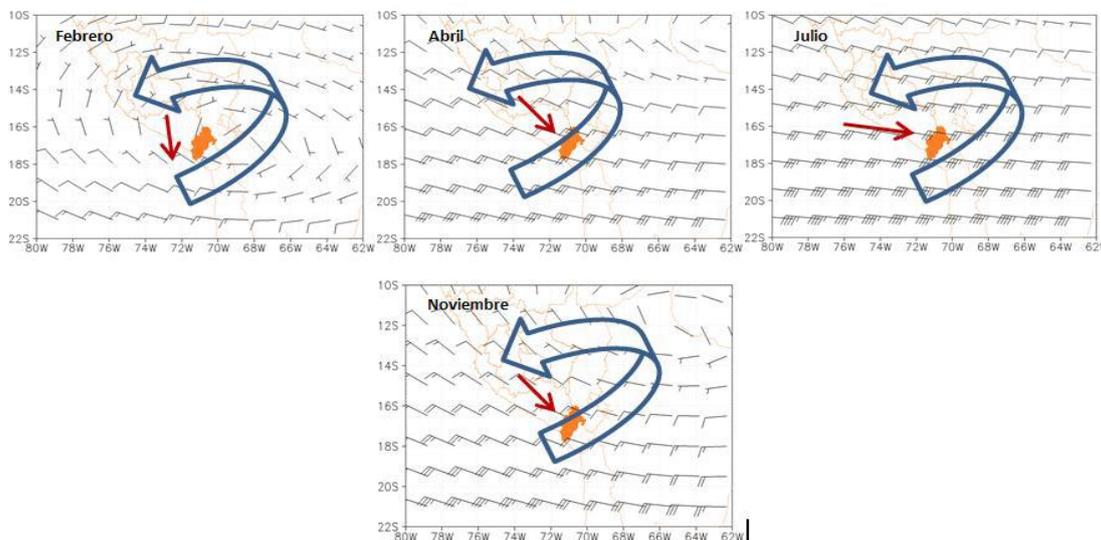


Fuente: SENAMHI.



Respecto a los flujos de vientos a una altura, aproximada de 9 600 m.s.n.m., durante el año, es característica que a ese nivel se presente una configuración anticiclónica, que sus desplazamientos generen, sobre la región de Moquegua, flujos de viento de dirección Noreste en enero, cambiando hacia la dirección Noroeste en febrero y marzo. En abril se observa el dominio de flujos de viento de dirección Noroeste cambiando hacia la dirección Oeste, de mayo a setiembre; en octubre predominan flujos de dirección Noroeste sobre la región Moquegua. La intensidad del viento en el transcurso del año suele ser de ligera intensidad en el orden de 5 – 15 Nudos (Figura 11) (CENEPRED, 2014).

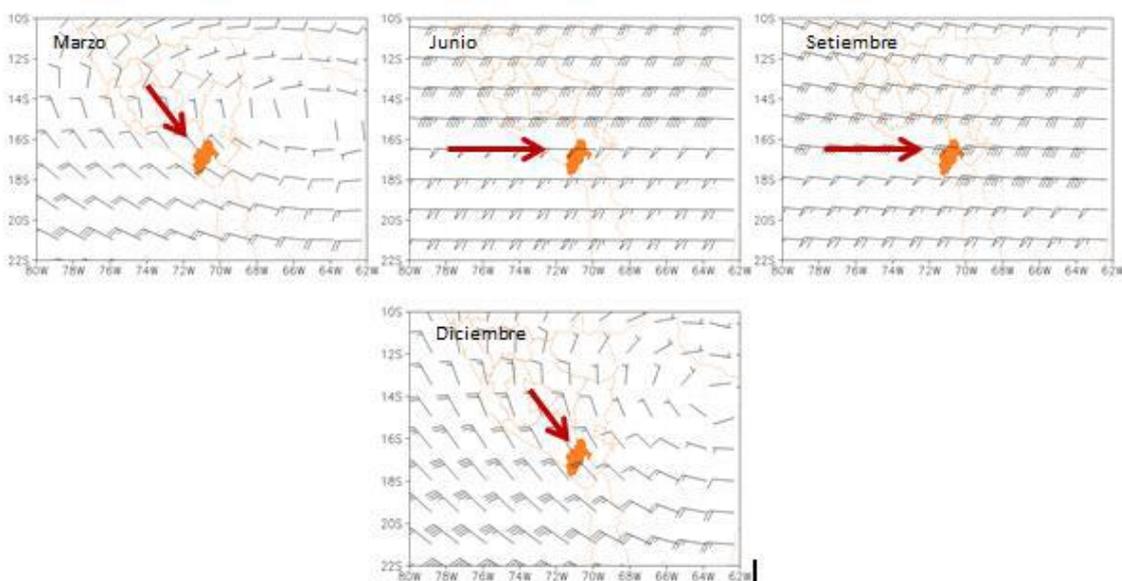
Figura 11. Flujos de viento a 9 600 m.s.n.m.



Fuente: SENAMHI.

Los flujos de viento en el nivel de 12 000 m.s.n.m., aproximadamente, para los meses de verano se observa una circulación anticiclónica, el flujo predominante sobre la región Moquegua es de dirección Noroeste con valores entre que fluctúan de 5 - 30 Nudos, siendo mayor en el mes de marzo. En las estaciones de otoño e invierno los flujos de viento muestran una predominancia del Oeste, cambiando hacia la dirección Noroeste en la estación de primavera con intensidades de 15-25 Nudos (Figura 12, Figura 13) (CENEPRED, 2014).

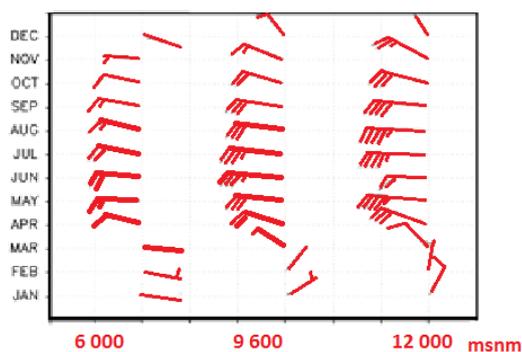
Figura 12. Flujos de viento a 12,000 m.s.n.m.



Fuente: SENAMHI.



Figura 13. Flujos de viento sobre la localidad de Ubinas en diferentes alturas



Fuente: SENAMHI.

B) Factor desencadenante

El factor desencadenante es: Concentración de gases en magma. No se ha recibido información al respecto. Por lo que no se ha realizado ni usado el método de análisis multicriterio desarrollado por Tomas L. Saaty (1980). Se ha trabajado y se ha utilizado el mapa de peligros del volcán Ubinas, realizado por INGEMMET (2006) para el correspondiente análisis de susceptibilidad (CENEPRED, 2014).

La concentración de gases en magma o de gases disueltos atrapados en el interior del magma afecta a la intensidad de una erupción volcánica. En general, cuanto mayor sea la cantidad de gases calientes atrapados en el magma, más intensa será la erupción. Estos gases incluyen cloro, dióxido de carbono, vapor de agua, hidrógeno y nitrógeno (Danielle Olivia Teff, Universidad de San Diego, EEUU).

C) Definición del escenario de riesgo

Se ha planteado el escenario más severo en función del índice de explosividad volcánica (IEV) de acuerdo con el mapa de peligros de INGEMMET:

**Escenario:**

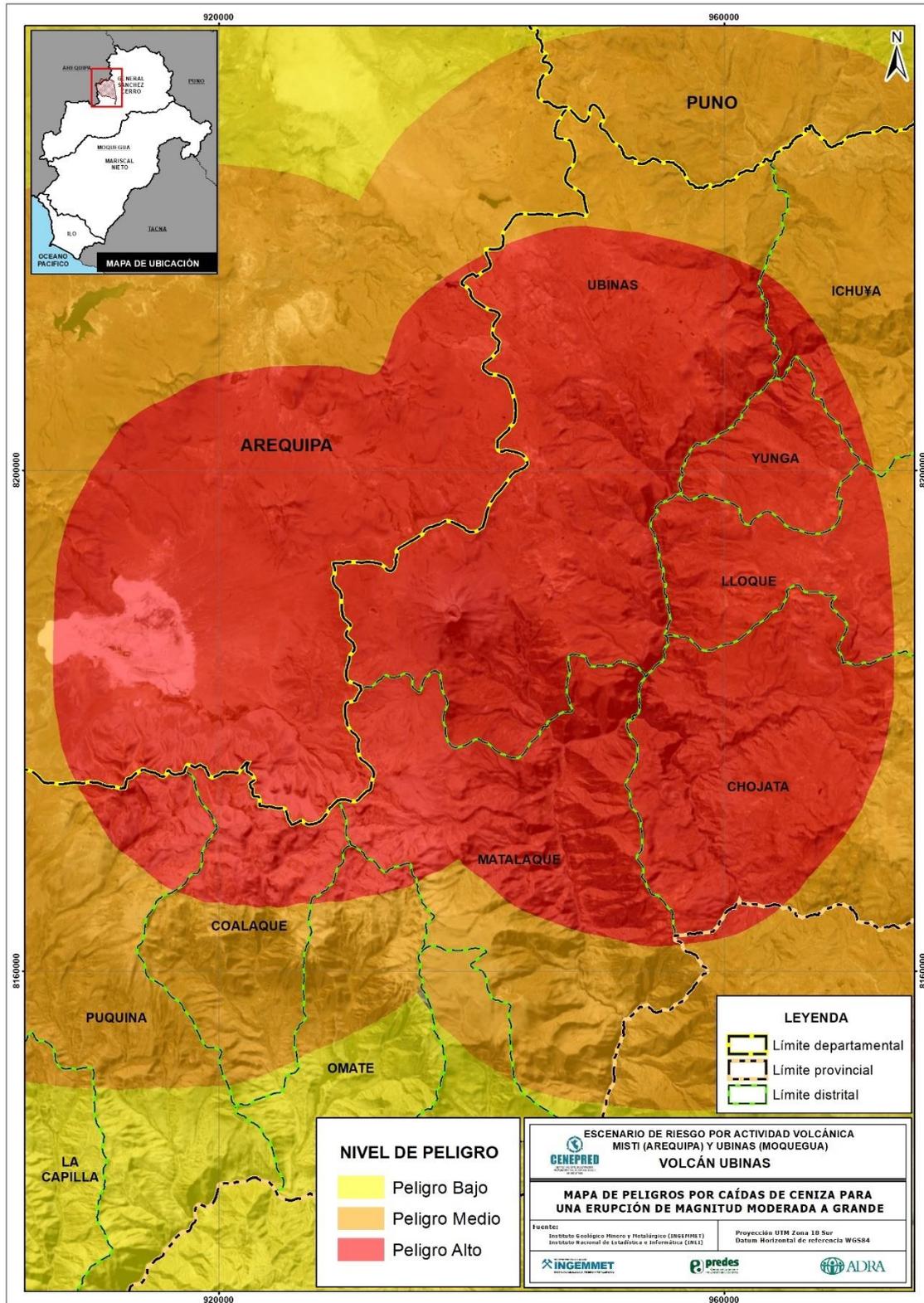
Los pueblos ubicados en el área de influencia del volcán Ubinas pueden ser severamente afectados por caída de tefras durante una erupción volcánica. Cualquier tipo de erupción podría afectar, inclusive las de baja magnitud como las ocurridas los últimos 500 años con un Índice de Explosión Volcánica de 1 a 3, entre ellos la erupción de 1667 o la erupción del 2006-2009 (Tabla 7, Figura 14) (CENEPRED, 2014).

Tabla 7. Estratificación de peligrosidad caída de tefras y cenizas

NIVEL	DESCRIPCION
MUY ALTO	Los pueblos ubicados en el área de influencia del volcán Ubinas podrían ser severamente afectados por caída de ceniza hasta 3 cm de grosor durante una erupción volcánica. Con direcciones de vientos Noreste predominantes de abril a noviembre y con direcciones de vientos Suroeste predominantes de diciembre a marzo. La geomorfología del terreno caracterizada por ser montañosa
ALTO	Los pueblos ubicados en el área de influencia del volcán Ubinas podrían ser moderadamente afectados por caída de ceniza de más de 1 cm de grosor durante una erupción volcánica. Con direcciones de vientos Noreste predominantes de abril a noviembre y con direcciones de vientos Suroeste predominantes de diciembre a marzo. La geomorfología del terreno caracterizada por ser colinas.
MEDIO	Los pueblos ubicados en el área de influencia del volcán Ubinas podrían ser ligeramente afectados por caída de ceniza de menos de 1 cm de grosor durante una erupción volcánica. Con direcciones de vientos Noreste predominantes de abril a noviembre y con direcciones de vientos Suroeste predominantes de diciembre a marzo. La geomorfología del terreno caracterizada por ser altiplanicie.
BAJO	Los pueblos ubicados en el área de influencia del volcán Ubinas podrían ser ligeramente afectados por caída de ceniza de menos de 1 cm de grosor durante una erupción volcánica. Con direcciones de vientos Noreste predominantes de abril a noviembre y con direcciones de vientos Suroeste predominantes de diciembre a marzo. La geomorfología del terreno caracterizada por ser valle abierto.



Figura 14. Mapa de peligro por caídas de ceniza para una erupción de magnitud moderada a grande





### 3.3 Identificación de los elementos expuestos

#### 3.3.1 Sectores agropecuarios

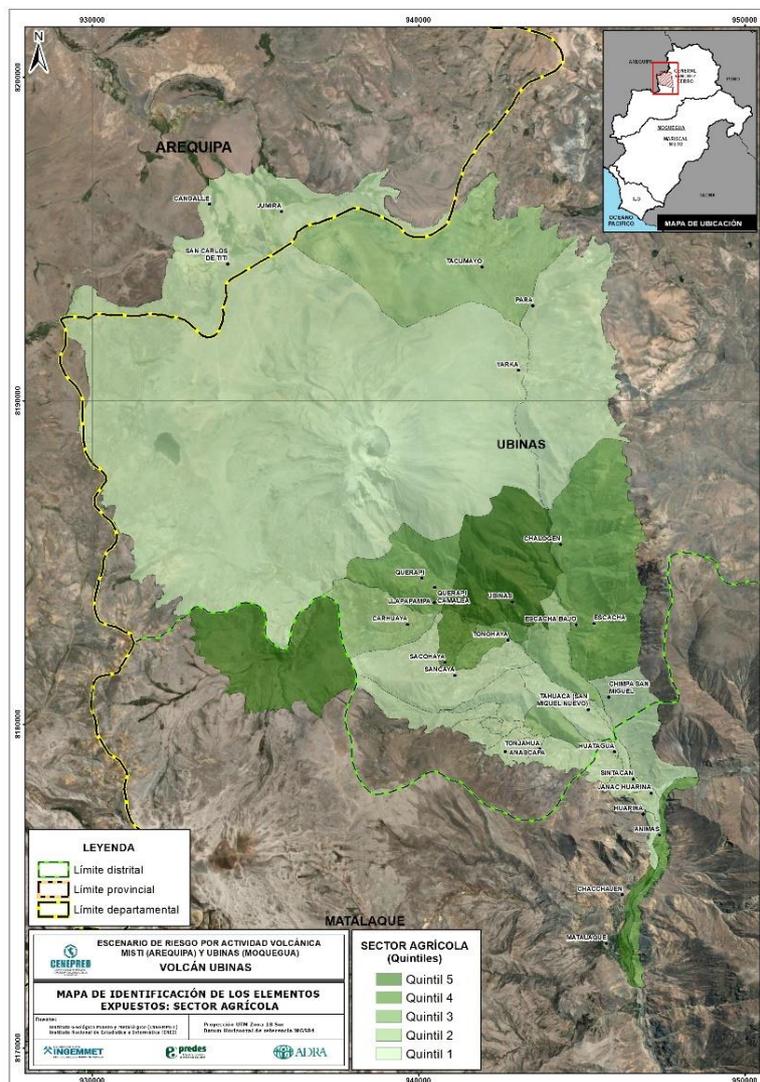
##### 3.3.1.1 Sector agrícola

Este análisis de las áreas agrícolas (Ha) se desarrolló a través de quintiles, por cada unidad, según los datos ofrecidos del CENAGRO 2012. De esta manera, se identificó que, el distrito de Matalaque concentra la mayor cantidad estas con 1,719.40 Ha, seguido por Ubinas con 1,366.16 Ha (Tabla 8, Figura 15).

Tabla 8. Sector agrícola del área de estudio del volcán Ubinas

Símbolo	Rango (Ha)	Arequipa	Moquegua		Total (Ha)	Áreas agrícolas en %
		San Juan De Tarucani	Matalaque	Ubinas		
Q1	0 - 30	0	84.14	251.72	335.86	10.9%
Q2	31 - 70	0	0.00	132.48	132.48	4.3%
Q3	71 - 170	0	73.06	426.93	499.99	16.2%
Q4	171 - 300	0	0.00	219.13	219.13	7.1%
Q5	301 - 1600	0	1562.20	335.91	1898.11	61.5%

Figura 15. Sector agrícola del área de estudio del volcán Ubinas



Fuente: Elaborado por el CENEPRED con datos del CENAGRO 2012.



3.3.1.2 Sector pecuario

Este sector fue analizado por quintiles según especies, asimismo, se le otorgó una ponderación diferenciada a cada una de ellas, el mayor peso se le asignó al ganado vacuno (Tabla 9), seguido de ganado ovino (Tabla 10), ganado porcino (Tabla 11), población de alpacas (Tabla 12) y cantidad de colmenas de abejas (Tabla 13); obteniéndose de esta manera, los valores para el sector pecuario (Tabla 14, Figura 16).

Tabla 9. Ganado vacuno del área de estudio del volcán Ubinas

Símbolo	Rango (N° de animales)	Arequipa	Moquegua		Total	Numero de ganado vacuno en %
		San Juan De Tarucani	Matalaque	Ubinas		
Q1	0 - 79	35	214	549	798	19.8%
Q2	80 - 195	0	0	706	706	17.5%
Q3	196 - 295	0	452	263	715	17.7%
Q4	296 - 510	0	0	1,214	1,214	30.1%
Q5	511 - 602	0	0	601	601	14.9%

Tabla 10. Ganado ovino del área de estudio del volcán Ubinas

Símbolo	Rango (N° de animales)	Arequipa	Moquegua		Total	Numero de ganado ovino en %
		San Juan De Tarucani	Matalaque	Ubinas		
Q1	0 - 200	0	217	1,306	1,523	19.0%
Q2	201 - 800	0	256	736	992	12.3%
Q3	801 - 1800	0	0	886	886	11.0%
Q4	1801 - 3000	0	0	0	0	0.0%
Q5	3001 - 4634	4,633	0	0	4,633	57.7%

Tabla 11. Ganado porcino del área de estudio del volcán Ubinas

Símbolo	Rango (N° de animales)	Arequipa	Moquegua		Total	Numero de ganado porcino en %
		San Juan De Tarucani	Matalaque	Ubinas		
Q1	0 - 13	0	27	87	114	19.6%
Q2	14 - 25	0	12	102	114	19.6%
Q3	26 - 40	0	0	111	111	19.0%
Q4	41 - 80	0	54	65	119	20.4%
Q5	81 - 126	0	0	125	125	21.4%

Tabla 12. Población de alpacas del área de estudio del volcán Ubinas

Símbolo	Rango (N° de animales)	Arequipa	Moquegua		Total	Numero de alpacas en %
		San Juan De Tarucani	Matalaque	Ubinas		
Q1	0 - 700	0	479	1,316	1,795	6.6%
Q2	701 - 4800	0	0	4,764	4,764	17.4%
Q3	4801 - 10000	0	0	0	0	0.0%
Q4	10001 - 15000	0	0	0	0	0.0%
Q5	15001 - 20836	20,835	0	0	20,835	76.0%

Fuente: Elaborado por el CENEPRED con datos del CENAGRO 2012.

Tabla 13. Cantidad de colmenas de abejas del área de estudio del volcán Ubinas

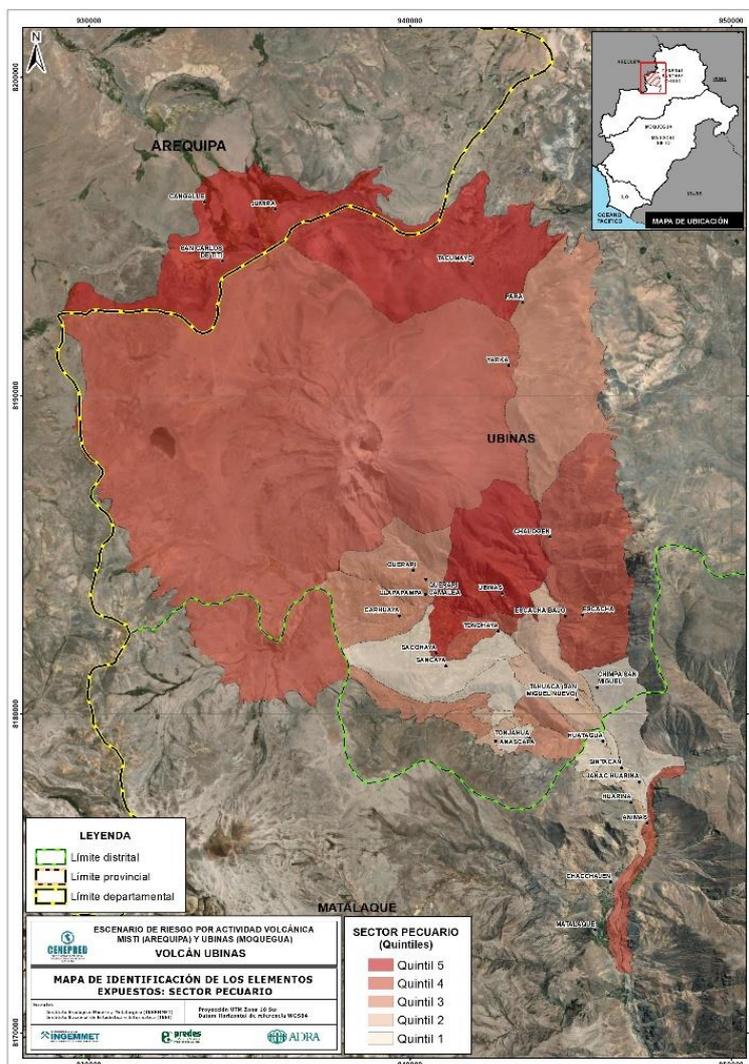


Símbolo	Rango (N° de Colmenas)	Arequipa	Moquegua		Total	Numero de colmena de abejas en %
		San Juan De Tarucani	Matalaque	Ubinas		
Q1	0 - 8	0	22	10	32	17.1%
Q2	9 - 13	0	0	30	30	16.0%
Q3	14 - 22	0	16	18	34	18.2%
Q4	23 - 40	0	0	37	37	19.8%
Q5	41 - 56	0	0	54	54	28.9%

Tabla 14. Sector pecuario del área de estudio del volcán Ubinas

Símbolo	Sector Pecuario				
	N° Vacunos	N° Ovinos	N° Porcino	N° Alpacas	N. Colmenas de Abeja
Q1	798	1,523	114	1,795	32
Q2	706	992	114	4,764	30
Q3	715	886	111	0	34
Q4	1,214	0	119	0	37
Q5	601	4,633	125	20,835	54

Figura 16. Sector pecuario del área de estudio del volcán Ubinas

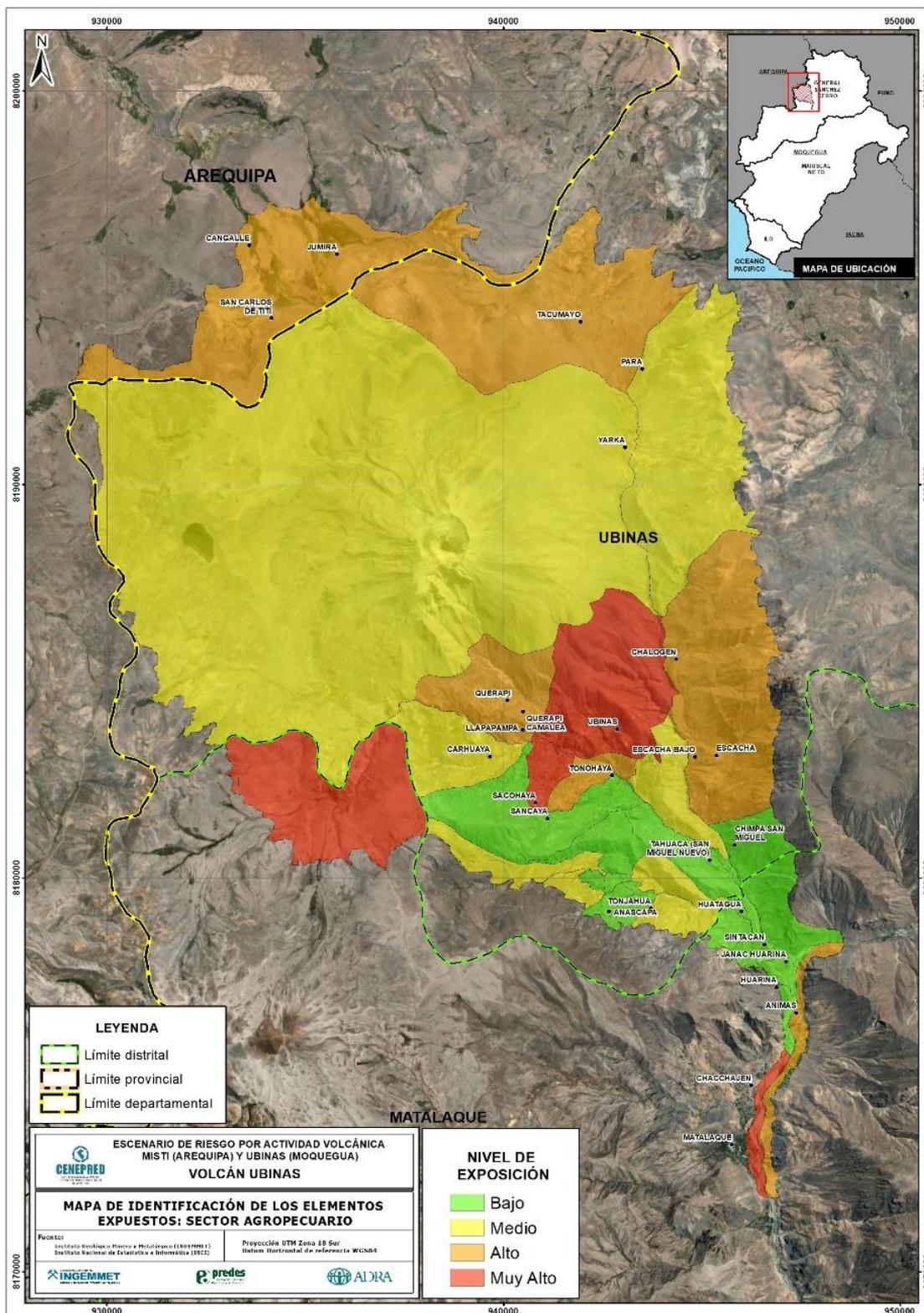




3.3.1.3 *Mapa de identificación de los elementos expuestos: Ubinas*

Posteriormente, se superponen las capas de los sectores agrícola (Figura 15) y pecuario (Figura 16) del área de estudio del volcán Misti, y después de otorgarles una ponderación diferenciada según la opinión de expertos consultados, se obtiene el mapa de identificación de los elementos expuestos: sector agropecuario (Figura 17).

Figura 17. Mapa de identificación de los elementos expuestos: sector agropecuario Ubinas





3.4 Escenario de riesgo volcánico: Ubinas

3.4.1 Escenario de riesgo por avalancha

El presente escenario de riesgo analizó la superposición entre el mapa de peligro (Figura 6) y sus elementos expuestos (población, viviendas, establecimientos de salud, instituciones educativas y recursos para la respuesta se analizó) por exposición (Tabla 15), mientras que los sectores agropecuarios fueron analizados por quintiles hasta determinar su nivel de riesgo (Tabla 16, Tabla 17). La representación espacial de este escenario junta el resultado de los elementos expuestos urbanos y de sectores agropecuarios (este criterio fue aplicado a todos los escenarios desarrollados para el ámbito de Ubinas), y los primeros se diferencian porque tienen una trama de rayas sobre su ámbito (Figura 18).

Tabla 15. Escenario de riesgo por avalancha en elementos expuestos: Nivel Muy Alto

Muy Alto							
Departamento	Provincia	Distrito	Población	Numero de Viviendas	EE. Salud	Institución Educativa	Recurso Respuesta
MOQUEGUA	GENERAL SANCHEZ CERRO	MATALAQUE	103	48	1	1	0
MOQUEGUA	GENERAL SANCHEZ CERRO	UBINAS	130	74	0	2	0
AREQUIPA	AREQUIPA	SAN JUAN DE TARUCANI	0	0	0	0	0
TOTAL			233	122	1	3	0

Tabla 16. Ubinas: Escenario de riesgo por avalancha en sectores agropecuarios, Distrito Ubinas

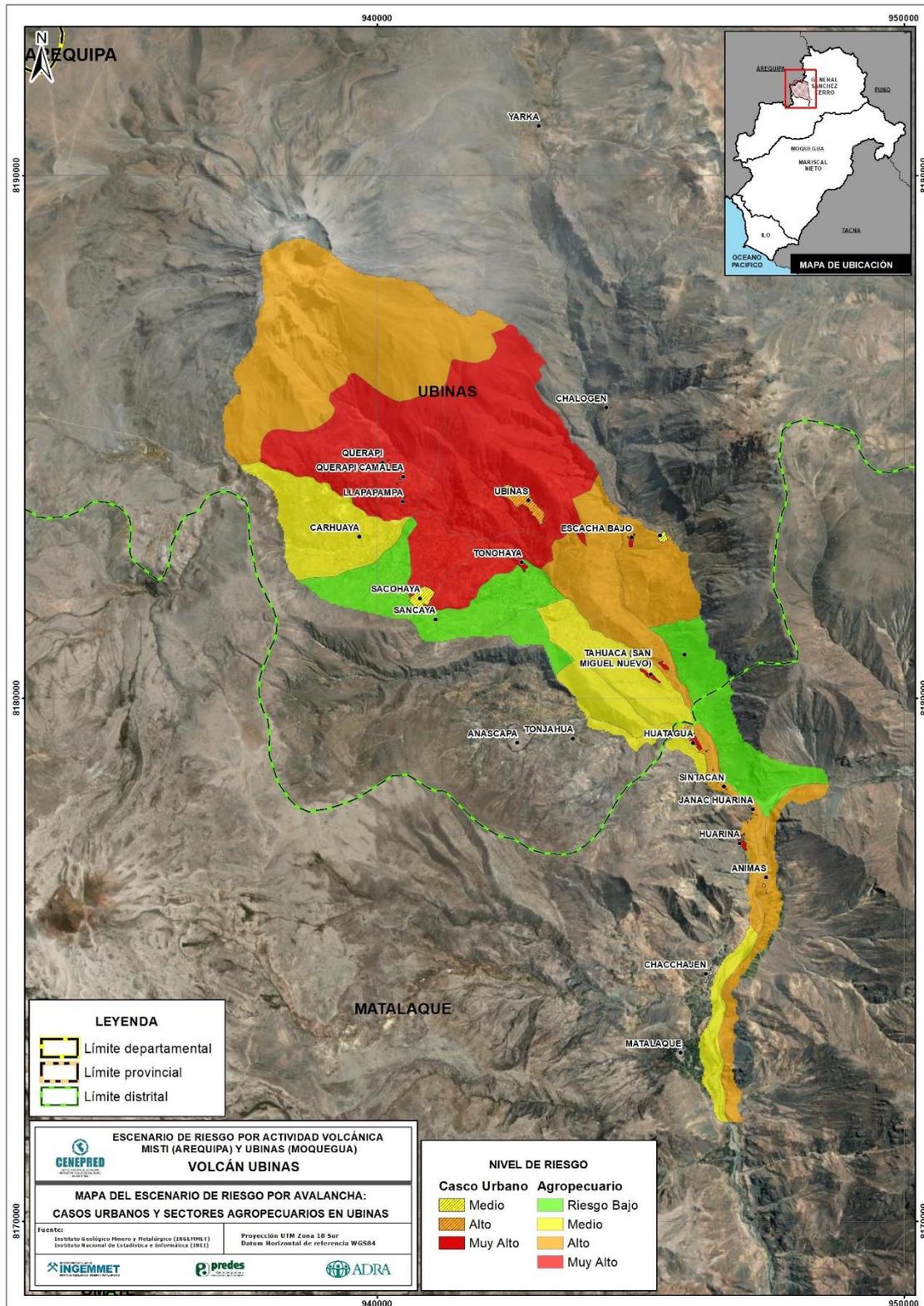
NIVEL DE RIESGO	SECTOR AGRÍCOLA	SECTOR PECUARIO				
	Areas Agrícolas (Ha)	N° Vacunos	N° Ovinos	N° Porcino	N° Alpacas	N. Colmenas de Abeja
Muy Alto	46.13	105	81	18	0	0
Alto	114.96	341	181	74	6	14
Medio	197.17	479	1,128	24	4,764	37
Bajo	834.23	1,357	1,119	181	387	96
Total	1,192.49	2,282	2,509	297	5,157	147

Tabla 17. Ubinas: Escenario de riesgo por avalancha en sectores agropecuarios, Distrito Matalaque

NIVEL DE RIESGO	SECTOR AGRÍCOLA	SECTOR PECUARIO				
	Areas Agrícolas (Ha)	N° Vacunos	N° Ovinos	N° Porcino	N° Alpacas	N. Colmenas de Abeja
Muy Alto	12.89	23	28	2	0	0
Alto	1,587.46	294	314	65	397	14
Medio	119.05	349	131	26	82	24
Bajo	0.00	0	0	0	0	0
Total	1,719.40	666	473	93	479	38



Figura 18. Mapa del escenario de riesgo por avalancha: Casos urbanos y sectores agropecuarios en Ubinas





### 3.4.1.1 Identificación de probables impactos

El estrato-cono del Ubinas presenta una morfología característica de colapsos (caldera de avalancha en forma de herradura) en el flanco Sureste, debido a que este flanco ha colapsado al menos dos veces durante la historia del Ubinas. En la actualidad, este flanco es inestable por tres razones: (1) presenta fuertes pendientes ( $>70^\circ$ ) y mide entre 1,2 a 1,4 km de altura, (2) se encuentra alterado e hidrotermalizado y (3) muestra una red de fracturas verticales y dos fallas de rumbos  $30^\circ$  y  $35^\circ$  NO.

Página | 33

En caso de la ocurrencia de un sismo de magnitud mayor de 5, de una erupción violenta (pliniana, subpliniana o freatomagmática) o del crecimiento de un domo de lava dentro del cráter, puede provocar el colapso o derrumbe de la pared sur, generando avalanchas de escombros. Estas avalanchas se canalizarían por las quebradas Sacohaya, Volcanmayo, Chillón, prolongándose hasta la parte baja del valle de Ubinas, hasta una distancia mayor a 8 km del volcán, para convertirse luego en lahares y canalizarse en el río Tambo. La hipótesis sobre la generación de avalanchas de escombros está basada en la existencia de (INGEMMET, 2011):

- Avalanchas de escombros del Pleistoceno superior ( $>340$  ka) que actualmente ocupan todo el valle del río Ubinas y parte baja del valle de Para hasta la confluencia del río Tambo (10 km al SE del cráter). Estas avalanchas poseen un volumen aproximado de  $2,6 \text{ km}^3$ .
- Avalanchas de escombros recientes de hace  $3670 \pm 60$  años A.P. (Thouret et al., 2005), depositadas al pie de la pared sur del edificio volcánico, a 4.5 km al Sureste del cráter, sobre el cual se asientan poblados como Querapi y Sacohaya. Estas avalanchas poseen un volumen aproximado de  $0,8 \text{ km}^3$ .

Efectuando cálculos de la relación H/L propuestos por Scott, (1989), Crandell, (1988) y Siebert et al., (1987) al igual que para flujos piroclásticos, se puede estimar la distancia que pueden recorrer futuras avalanchas de escombros en caso del derrumbe del flanco sur del Ubinas. En efecto, tomando los valores de coeficientes de relación entre ALTURA O DESNIVEL (H) del edificio volcánico y la DISTANCIA (L) recorrida por los depósitos de avalanchas preexistentes que fue hasta 6 km del volcán, los resultados muestran que la distancia mínima a recorrer sería de 3 km y la distancia máxima sería de 11 km (INGEMMET, 2011).

Por otra parte, cálculos efectuados por Hayashi y Self (1992) en 40 avalanchas producidas en estrato-volcanes calco-alcalinos calculó para  $H/L = 0,22$ . Empleando este coeficiente para el Ubinas se tiene una distancia  $L = 5,45$  km. Esta es la distancia promedio (en dirección Sureste) hasta donde recorrerían las avalanchas de escombros. Entonces, es necesario prever una zona alta localizada a más de 6 km al sur del cráter a donde se pueda evacuar a la población en caso de erupciones o sismos muy fuertes. Esta zona podría estar en la parte alta de los poblados de Sacohaya o Anascapa (INGEMMET, 2011).



3.4.2 Escenario de riesgo por flujos piroclásticos

El presente escenario de riesgo analizó la superposición entre el mapa de peligro (Figura 7) y sus elementos expuestos (población, viviendas, establecimientos de salud, instituciones educativas y recursos para la respuesta se analizó por exposición (Tabla 18), mientras que los sectores agropecuarios fueron analizados por quintiles hasta determinar su nivel de riesgo (Tabla 19 a la Tabla 21). La representación espacial se este escenario junta el resultado de los elementos expuestos urbanos y de sectores agropecuarios, y los primeros se diferencian porque tienen una trama de rayas sobre su ámbito (Figura 19).

Tabla 18. Escenario de riesgo por flujos piroclásticos en elementos expuestos: Nivel Muy Alto

Muy Alto							
Departamento	Provincia	Distrito	Población	Numero de Viviendas	EE. Salud	Institución Educativa	Recurso Respuesta
MOQUEGUA	GENERAL SANCHEZ CERRO	MATALAQUE	99	47	1	2	0
MOQUEGUA	GENERAL SANCHEZ CERRO	UBINAS	431	192	1	7	1
AREQUIPA	AREQUIPA	SAN JUAN DE TARUCANI	0	0	0	0	0
TOTAL			530	239	2	9	1

Tabla 19. Escenario de riesgo por flujos piroclásticos en sectores agropecuarios, Distrito Ubinas

NIVEL DE RIESGO	SECTOR AGRÍCOLA	SECTOR PECUARIO				
	Areas Agrícolas (Ha)	N° Vacunos	N° Ovinos	N° Porcino	N° Alpacas	N. Colmenas de Abeja
Muy Alto	834.23	1357	1119	181	387	96
Alto	222.17	956	1305	88	5455	19
Medio	169.22	544	309	115	66	32
Bajo	140.55	476	195	106	172	2
Total	1366.16	3333	2928	490	6080	149

Tabla 20. Escenario de riesgo por flujos piroclásticos en sectores agropecuarios, Distrito Matalaque

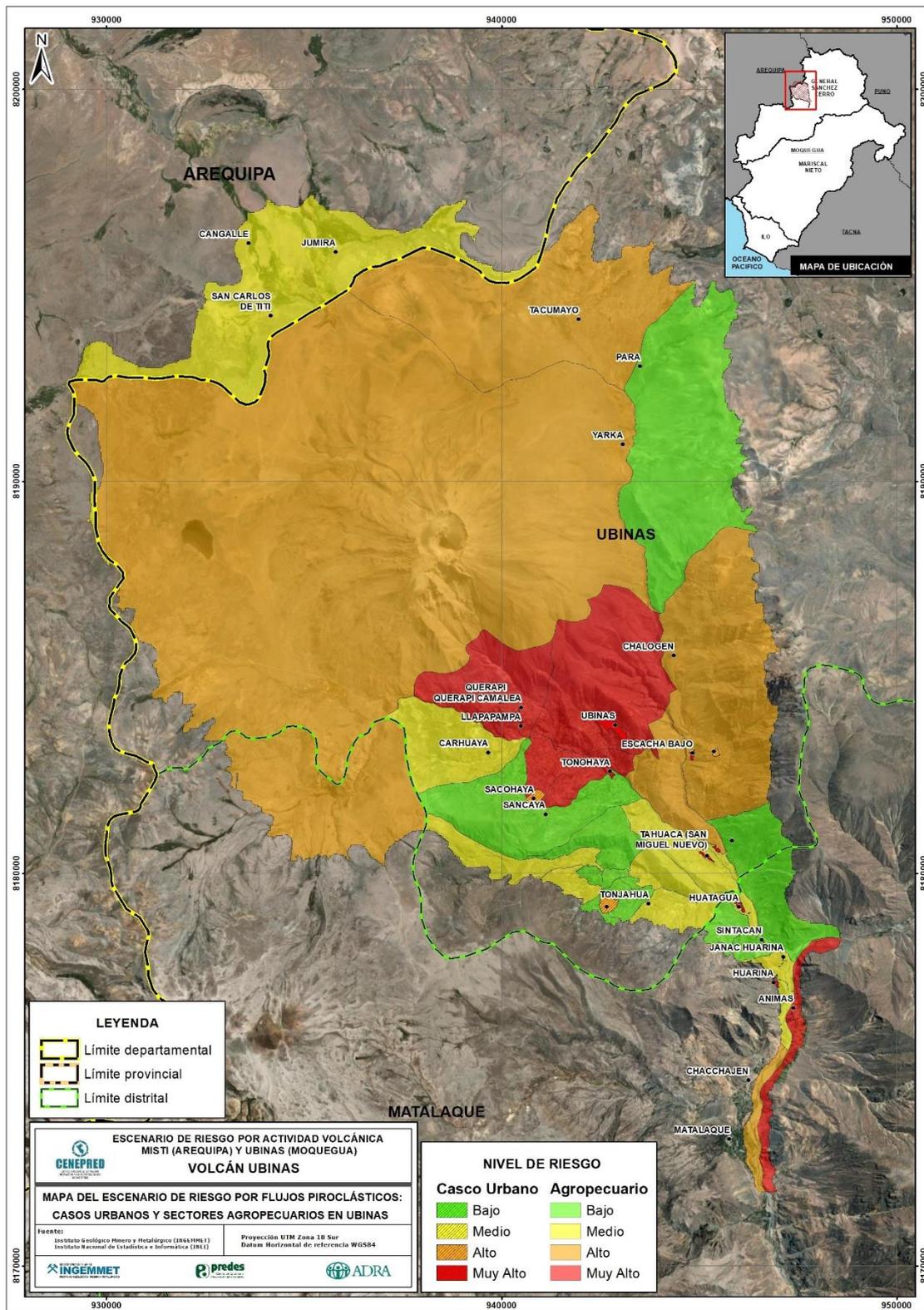
NIVEL DE RIESGO	SECTOR AGRÍCOLA	SECTOR PECUARIO				
	Areas Agrícolas (Ha)	N° Vacunos	N° Ovinos	N° Porcino	N° Alpacas	N. Colmenas de Abeja
Muy Alto	73.06	228	67	12	30	7
Alto	1562.20	224	256	54	397	8
Medio	55.16	134	85	18	52	23
Bajo	28.98	80	65	9	0	0
Total	1719.40	666	473	93	479	38

Tabla 21. Escenario de riesgo por flujos piroclásticos en sectores agropecuarios, Distrito San Juan de Tarucani

NIVEL DE RIESGO	SECTOR AGRÍCOLA	SECTOR PECUARIO				
	Areas Agrícolas (Ha)	N° Vacunos	N° Ovinos	N° Porcino	N° Alpacas	N. Colmenas de Abeja
Muy Alto	0.00	0	0	0	0	0
Alto	0.00	35	4633	0	20835	0
Medio	0.00	0	0	0	0	0
Bajo	0.00	0	0	0	0	0
Total	0.00	35	4633	0	20835	0



Figura 19. Mapa del escenario de riesgo por flujos piroclásticos: Casos urbanos y sectores agropecuarios en Ubinas





#### 3.4.2.1 *Identificación de probables impactos*

Los flujos piroclásticos son comunes en la mayoría de las erupciones volcánicas explosión de moderada a alta (>3 IEV). En erupciones freatomagmáticas y Saint-Vincent pueden cubrir áreas que van de 1 a 80 km<sup>2</sup>. Los peligros asociados con los flujos piroclásticos debido a su alta velocidad, alta densidad y alta temperatura incluyen asfixia, entierro, incineración y daños a la propiedad.

Los flujos piroclásticos producidos por una actividad Saint- Vincent del Ubinas son poco abundantes. Solamente han sido reconocidos flujos de escorias poco voluminosos generados por una actividad similar. Este flujo de 0,8 m de espesor emplazado en el año 1667 aflora en el flanco NE, a 3 km del cráter.

Página | 36

Durante un evento explosivo moderado de tipo freatomagmático o Saint-Vincent la posibilidad de ocurrencia de flujos piroclásticos en el Ubinas es de alta a moderada, la zona de mayor riesgo por estos flujos comprende un área aproximada de 80 km<sup>2</sup>, con un radio de 7 km alrededor del cráter. Se considera dentro esta categoría de amenaza, las quebradas Sacohaya, Volcanmayo, Chillón, Infiernillo, la cabecera del valle de Ubinas y del valle de Para (INGEMMET, 2011).



3.4.3 Escenario de riesgo por flujos de lodos o lahares

El presente escenario de riesgo analizó la superposición entre el mapa de peligro (Figura 8) y sus elementos expuestos (población, viviendas, establecimientos de salud, instituciones educativas y recursos para la respuesta se analizó) por exposición (Tabla 22), mientras que los sectores agropecuarios fueron analizados por quintiles hasta determinar su nivel de riesgo (Tabla 23 a la Tabla 25). La representación espacial se este escenario junta el resultado de los elementos expuestos urbanos y de sectores agropecuarios, y los primeros se diferencian porque tienen una trama de rayas sobre su ámbito (Figura 20).

Tabla 22. Escenario de riesgo por flujos de lodos o lahares en elementos expuestos: Nivel Muy Alto

Muy Alto							
Departamento	Provincia	Distrito	Población	Numero de Viviendas	EE. Salud	Institución Educativa	Recurso Respuesta
MOQUEGUA	GENERAL SANCHEZ CERRO	MATALAQUE	49	23	1	1	0
MOQUEGUA	GENERAL SANCHEZ CERRO	UBINAS	410	181	1	7	1
AREQUIPA	AREQUIPA	SAN JUAN DE TARUCANI	0	0	0	0	0
<b>TOTAL</b>			<b>459</b>	<b>204</b>	<b>2</b>	<b>8</b>	<b>1</b>

Tabla 23. Escenario de riesgo por flujos de lodos o lahares en sectores agropecuarios, Distrito Ubinas

NIVEL DE RIESGO	SECTOR AGRÍCOLA	SECTOR PECUARIO				
	Áreas Agrícolas (Ha)	N° Vacunos	N° Ovinos	N° Porcino	N° Alpacas	N. Colmenas de Abeja
Muy Alto	981.97	1,746	1,303	197	387	106
Alto	142.90	901	1,253	120	5,559	12
Medio	68.56	143	91	16	0	29
Bajo	0.00	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>1193.43</b>	<b>2,790</b>	<b>2,647</b>	<b>333</b>	<b>5,946</b>	<b>147</b>

Tabla 24. Escenario de riesgo por flujos de lodos o lahares en sectores agropecuarios, Distrito Matalaque

NIVEL DE RIESGO	SECTOR AGRÍCOLA	SECTOR PECUARIO				
	Áreas Agrícolas (Ha)	N° Vacunos	N° Ovinos	N° Porcino	N° Alpacas	N. Colmenas de Abeja
Muy Alto	1635.26	452	323	66	427	15
Alto	0.00	0	0	0	0	0
Medio	84.14	214	150	27	52	23
Bajo	0.00	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>1719.40</b>	<b>666</b>	<b>473</b>	<b>93</b>	<b>479</b>	<b>38</b>

Tabla 25. Escenario de riesgo por flujos de lodos o lahares en sectores agropecuarios, Distrito San Juan de Tarucani

NIVEL DE RIESGO	SECTOR AGRÍCOLA	SECTOR PECUARIO				
	Áreas Agrícolas (Ha)	N° Vacunos	N° Ovinos	N° Porcino	N° Alpacas	N. Colmenas de Abeja
Muy Alto	0.00	0	0	0	0	0
Alto	0.00	0	0	0	0	0
Medio	0.00	0	0	0	0	0
Bajo	0.00	35	4,633	0	20,835	0
<b>Total</b>	<b>0.00</b>	<b>35</b>	<b>4,633</b>	<b>0</b>	<b>20,835</b>	<b>0</b>





### 3.4.3.1 Identificación de probables impactos

Como se ha manifestado anteriormente, en el volcán Ubinas pueden generarse flujos de lodo, con o sin erupción (periodo de lluvias). En caso de ocurrir una erupción en época de lluvia (diciembre a marzo), fecha durante el cual gran parte de la cumbre se halla cubierta de hielo y nieve. El hielo y nieve pueden fusionarse y así se convertirían en agua que fluye y se mezclaría con el material susceptible de ser incorporado en el camino del lahar.

Página | 39

Los lahares se desplazarían por las quebradas Volcanmayo, Sacohaya y Chillón, con dirección al río Tambo. La presencia de depósitos de flujos de barro antiguos y recientes en los cauces de ríos Ubinas y Para, y en las quebradas Infiernillo, Sacuaya y Chillón, indican que la posibilidad de ocurrencia de este tipo de evento ante cualquier erupción volcánica es alta (INGEMMET, 2011).

Daños que podrían causar entre los elementos expuestos en su ámbito de influencia:

- Muerte de personas y animales.
- Destrucción de infraestructura (carreteras, canales de riego, bocatomas, etc.).
- Contaminación de las fuentes de agua.
- Arrasa zonas de cultivos.
- Las principales quebradas

Las quebradas localizadas sobre la ciudad de Arequipa, donde podrían ocurrir lahares son las siguientes:

- Quebrada Volcanmayo
- Quebrada Chiflón
- Quebrada Socahaya
- Quebrada Infiernillo
- Quebrada Postocone
- Río Tambillo
- Río Para
- Río Ubinas

Posibles zonas afectadas:

Los poblados de Querapi, Ubinas, Tonohaya, San Miguel, Huatagua, Harina.



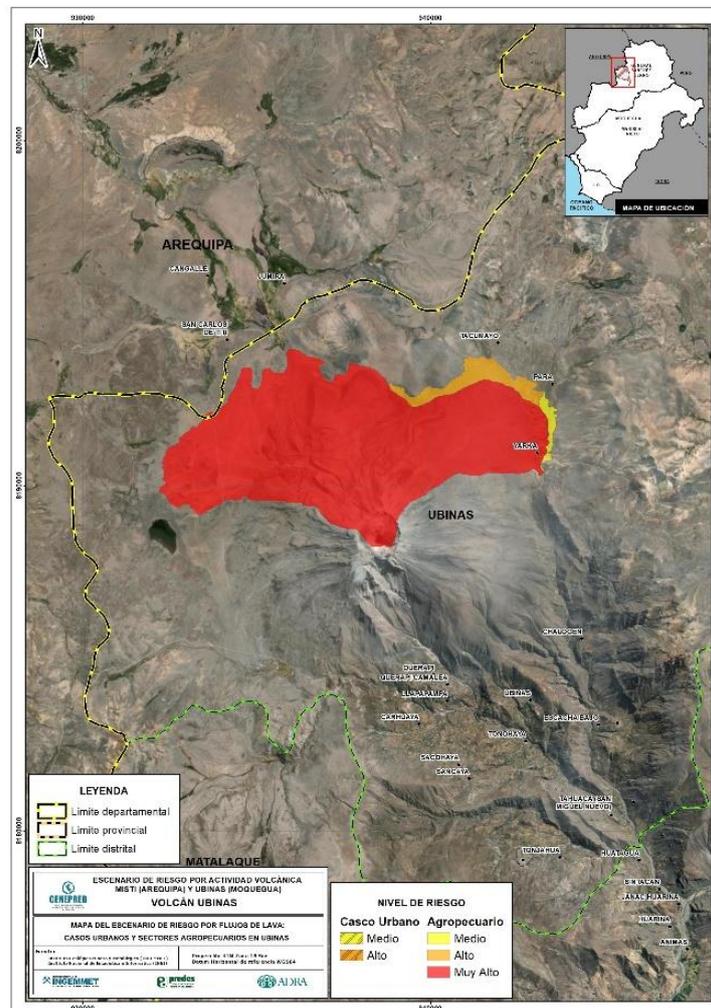
3.4.4 Escenario de riesgo por flujos de lava

El presente escenario de riesgo analizó la superposición entre el mapa de peligro (Figura 9) y sus elementos expuestos (población, viviendas, establecimientos de salud, instituciones educativas y recursos para la respuesta se analizó) por exposición (Tabla 38); sin embargo, no se identificaron éstos con nivel de riesgo Muy Alto o Alto. Por otra parte, los sectores agropecuarios fueron analizados por quintiles hasta determinar su nivel de riesgo (Tabla 26). La representación espacial se este escenario junta el resultado de los elementos expuestos urbanos y de sectores agropecuarios, y los primeros se diferencian porque tienen una trama de rayas sobre su ámbito (Figura 21).

Tabla 26. Escenario de riesgo por flujos de lava en sectores agropecuarios, Distrito Ubinas

NIVEL DE RIESGO	SECTOR AGRÍCOLA	SECTOR PECUARIO				
	Áreas Agrícolas (Ha)	Nº Vacunos	Nº Ovinos	Nº Porcino	Nº Alpacas	N. Colmenas de Abeja
Muy Alto	7.56	0	886	0	4,764	0
Alto	35.32	503	195	65	691	0
Medio	11.48	156	32	9	98	0
Bajo	0.00	0	0	0	0	0
<b>Total</b>	<b>54.36</b>	<b>659</b>	<b>1,113</b>	<b>74</b>	<b>5,553</b>	<b>0</b>

Figura 21. Mapa del escenario de riesgo por flujos de lava: Casos urbanos y sectores agropecuarios en Ubinas





#### 3.4.4.1 Identificación de probables impactos

Aunque el volcán Ubinas ha emitido gran cantidad de flujos de lava durante su historia eruptiva hasta hace aproximadamente 20 ka A.P. (Rivera, 2010), es poco probable que ocurra tal evento en una próxima actividad.

Actualmente, si se produciría una erupción efusiva o extrusiva, las lavas serían similares a las emplazadas en épocas anteriores de composición andesítica y/o dacítica. Estas lavas tendrían que rellenar la caldera para poder desplazarse por los flancos. Para que ocurra este proceso, las lavas deberían sobrepasar un volumen mayor a 1 km<sup>3</sup> y desde luego no recorrerían mucha distancia a partir del cráter (menos de 6 km), pudiéndose predecir su curso.

Además, es necesario mencionar que el emplazamiento de lavas dentro del cráter y la caldera del Ubinas pueden propiciar el colapso del flanco sur del volcán, el cual es débil y poco resistente al embalse de la lava. Si las lavas logran rebalsar la caldera, estas tenderán a recorrer por las quebradas de los flancos Norte, NO y NE. Los flujos de lava causarían graves daños por incendio, impacto e incineración, y consecuentemente enterrarían todo lo que encuentren a su paso. El área amenazada por este fenómeno se estima que no sobrepasa los 20 km<sup>2</sup>. En cualquier caso, los flujos de lava rara vez amenazarían la vida de los pobladores ya que les daría tiempo para evacuar la zona (INGEMMET, 2011).



### 3.4.5 Escenario de riesgo por caídas de ceniza para una erupción de magnitud moderada a grande

Con respecto a este resultado, el cual también se determinó por exposición, pero en este caso las unidades de análisis fueron los distritos y su ubicación frente al mapa de peligro por caídas de ceniza para una erupción de magnitud moderada a grande (Figura 14), obteniéndose el siguiente resultado: con nivel de riesgo Muy Alto, los distritos fueron Ubinas, Yunga, Lloque, Chojata y Matalaque en Moquegua y, San Juan de Tarucani en Arequipa.

#### 3.4.5.1 Identificación de probables impactos

Una erupción pliniana producida por el volcán Ubinas generará tefras (principalmente pómez) que desde luego caerán en áreas aledañas y lejanas al volcán (>50 km). La dirección y distancia a recorrer por las caídas de pómez están en función de la dirección y velocidad de los vientos de altura (mayores de 10 km). Según las estaciones del año, en época lluviosa (diciembre a marzo), las tefras tenderán a viajar al Oeste, mientras que durante la estación seca (abril a noviembre) tenderán a viajar hacia el Este. El último depósito de caída pliniana de hace 1000 años que aflora a más de 40 km al Sureste del volcán (zona de Torata y Pachas) fue depositada debido a la dirección del viento, que en esa época era favorable al Sureste (INGEMMET, 2011).

Desde el punto de vista de peligros y riesgos las tefras (lapilli de pómez, bloques y cenizas) expelidas por dicha erupción pueden causar daños a la propiedad y víctimas por impacto de los materiales que caen sobre estas. La acumulación de las tefras puede causar que las construcciones (viviendas, colegios, centros médicos, etc.) colapsen, rompan las líneas de transmisión y afecten la agricultura, ganadería y fuentes de agua para consumo humano. Dependiendo de la magnitud de la erupción, las tefras depositadas formarán una capa encima del terreno, de varios centímetros a metros de espesor en áreas aledañas al volcán (INGEMMET, 2011).

La tefra suspendida en el aire puede causar serios problemas respiratorios, dañar las maquinarias, perturbar el tráfico vehicular y el transporte aéreo. La capacidad destructiva de caída de tefras a gran escala, dependerá de su volumen y dispersión (peso por m<sup>2</sup>), así como de la toxicidad de los gases asociados. Cuanto mayor sea el espesor de la caída de pómez, el tamaño y la temperatura de los materiales, más trágico serán los efectos (INGEMMET, 2011).



### 3.5 Conclusiones

El resultado sobre el escenario de riesgo por avalanchas, el 30% (233) de la población obtuvo un nivel de riesgo Muy Alto y el 41.3% (321) el nivel Alto. Con respecto a los sectores agropecuarios, el resultado fue el siguiente: el 2% (59.02 Ha) de las áreas agrícolas cuenta con Muy Alto y el 58.5% (1,702.42 Ha) con riesgo Alto; el 4.3% (128) del número de ganado vacuno se encuentra con nivel Muy Alto y el 21.5% (635) con Alto; el 3.7% (109) del ganado ovino con riesgo Muy Alto y el 16.6% (495) con riesgo Alto; el 5.1% (20) del total de porcinos obtuvo el nivel Muy Alto y el 35.6% (139) el Alto; el 7.2% (403) del número de alpacas se encuentra con riesgo Alto y; el 15.1% (28) del número de colmenas de abejas cuenta con riesgo Alto.

Con respecto a los resultados del escenario de riesgo por piroclastos, el 53.7% (530) de la población obtuvo un nivel de riesgo Muy Alto y el 44.8% (442) el nivel Alto. Con respecto a los sectores agropecuarios, el resultado fue el siguiente: el 29.4% (907.29 Ha) de las áreas agrícolas cuenta con Muy Alto y el 57.8% (1,784.37 Ha) con riesgo Alto; el 39.3% (1,585) del número de ganado vacuno se encuentra con nivel Muy Alto y el 30.1% (1,215) con Alto; el 14.8% (1,186) del ganado ovino con riesgo Muy Alto y el 77.1% (6,194) con riesgo Alto; el 33.1% (193) del total de porcinos obtuvo el nivel Muy Alto y el 24.4% (142) el Alto; el 1.5% (417) del número de alpacas se encuentra con riesgo Muy Alto y el 97.4% (26,687) con riesgo Alto y; el 55.1% (103) del número de colmenas de abejas cuenta con riesgo Muy Alto y el 14.4% (27) con riesgo Alto.

Los resultados del escenario de riesgo por flujos de lahares es el siguiente: 459 personas cuentan con riesgo Muy Alto, representando el total de población expuesta sobre el recorrido del flujo. El 89.9% (2617.23 Ha) de las áreas agrícolas con Muy Alto y el 4.9% (142.90 Ha) con riesgo Alto; el 63% (2,198) del número de ganado vacuno se encuentra con nivel Muy Alto y el 25.8% (901) con Alto; el 21% (1,626) del ganado ovino con riesgo Muy Alto y el 16.2% (1,253) con riesgo Alto; el 61.7% (263) del total de porcinos obtuvo el nivel Muy Alto y el 28.2% (120) el Alto; el 3% (814) del número de alpacas se encuentra con riesgo Muy Alto y el 20.4% (5,559) con riesgo Alto y; el 65.4% (121) del número de colmenas de abejas cuenta con riesgo Muy Alto y el 6.5% (12) con riesgo Alto.

Finalmente, los resultados del escenario de riesgo por flujo de lava es el siguiente: no hay población con niveles de riesgo Muy Alto o Alto, solo una persona con nivel de riesgo Medio. El 13.9% (7.56 Ha) de las áreas agrícolas con Muy Alto y el 65% (35.32 Ha) con riesgo Alto; el 76.3% (503) del número de ganado vacuno se encuentra con nivel Alto; el 79.6% (886) del ganado ovino con riesgo Muy Alto y el 17.5% (195) con riesgo Alto; el 87.8% (65) del total de porcinos obtuvo el nivel Alto y; el 85.8% (4,764) del número de alpacas se encuentra con riesgo Muy Alto y el 12.4% (691) con riesgo Alto.



#### 4 RECOMENDACIONES

A los gobiernos regionales y locales de los ámbitos analizados, se les recomienda tomar en consideración los resultados del presente escenario de riesgo volcánico como diagnóstico territorial para el sustento y elaboración de sus instrumentos técnicos en el marco de la Gestión Prospectiva y Correctiva del Riesgo de Desastres, en cumplimiento de sus competencias como integrantes del Sistema Nacional de Gestión del Riesgo de Desastres (SINAGERD).

Página | 44

A los gobiernos regionales y locales, entre los instrumentos que puede implementar, se encuentra el plan de prevención del riesgo desastres, el cual les permite priorizar sus recursos mediante la estrategia financiera de la gestión del riesgo de desastres desarrollada por el Ministerio de Economía y Finanzas, tales como el PP068 o el FONDES, con el objetivo de aplicar las medias estructurales y no estructurales para la reducción del riesgo de desastres que se requieran en el ámbito de su jurisdicción.

A los gobiernos regionales y locales, coordinar con las entidades técnico-científicas para la elaboración de estudios técnicos o con el CENEPRED para los estudios de evaluaciones de riesgo para ámbitos determinados como críticos, por concentrar la mayor cantidad de elementos expuestos. Estos ámbitos se identifican en el presente escenario de riesgo con los niveles de riesgo de Muy Alto y Alto, tanto para los sectores urbanos como agropecuarios.

A los gobiernos regionales y locales, articular los productos generados en el marco de la gestión del riesgo de desastres, como los estudios de diagnóstico territorial (escenarios de riesgo y evaluaciones de riesgo de desastres), con los diferentes procesos de la planificación y la gestión del territorial.

Entre las medidas del corto plazo a implementar para ambos casos de estudio, se encuentra la difusión del presente escenario de riesgo volcánico en los gobiernos locales distritales y provinciales, así como entre la población local, principalmente a los sectores con niveles de riesgo Muy Alto y Alto. Es importante acompañar este proceso con campañas de sensibilización, con enfoque territorial y ambiental.

Con relación a las medidas de largo plazo, y después de haberse realizados los estudios específicos sobre las zonas críticas identificadas en el presente escenario, es importante que los gobiernos locales (distritales y provinciales) determinen la zonificación para ámbitos de conservación, con la finalidad de evitar su ocupación para actividades permanentes o con alta densidad poblacional sobre sectores con niveles de riesgo volcánico Muy Alto y Alto.



## 5 BIBLIOGRAFÍA

CENEPRED. (2014). *Informe de evaluación de riesgo en el área de influencia del volcán Ubinas*. Lima.

INGEMMET. (2011). *Geología y evaluación de peligros del volcán Ubinas*. Lima.

INGEMMET. (2013). *Monitoreo de los volcanes Misti y Ubinas. Periodo 2006 - 2012*. LIMA.

INGEMMET. (2016). *INGEMMET, Boletín Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica N° 60. Geología y mapa de peligros del Volcán Misti*. Lima.

INGEMMET. (2021). *Actividad Histórica del Volcán Misti*. Retrieved from [http://ovi.ingemmet.gob.pe/?page\\_id=126](http://ovi.ingemmet.gob.pe/?page_id=126)



Av. Del Parque Norte 313 - 319. San Isidro Lima - Perú  
Central Telefónica: (051) 2013550

[www.cenepred.gob.pe](http://www.cenepred.gob.pe)

 CENEPRED

 @CENEPRED

 CENEPRED

 CENEPRED PERU

 CENEPRED PERU