



CENEPRED

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

**ESCENARIO DE RIESGO VOLCÁNICO:
MISTI (AREQUIPA)**

OCTUBRE, 2021



ESCENARIO DE RIESGO VOLCÁNICO MISTI (AREQUIPA)

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

Página web: 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	VOLÁN MISTI	8
3.1	Área de estudio.....	8
3.2	El peligro volcánico.....	9
3.2.1	Actividad volcánica histórica en el Perú.....	9
3.3	Peligro volcánico: Misti.....	10
3.3.1	Geomorfología.....	10
3.3.2	Actividad histórica del Misti	12
3.3.3	Mapa de peligros del volcán Misti	15
3.4	Identificación de los elementos expuestos.....	23
3.4.1	Sectores agropecuarios.....	23
3.5	Escenario de riesgo volcánico: Misti.....	27
3.5.1	Escenario de riesgo volcánico.....	27
3.5.2	Escenario de riesgo por emplazamiento de flujos de barro o lahares.....	32
3.5.3	Escenario de riesgo por caída de ceniza.....	34
3.6	Conclusiones.....	35
4	RECOMENDACIONES.....	36
5	BIBLIOGRAFÍA	37



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 Misti en Arequipa	8
Figura 4. Distribución del volcanismo en el sur peruano	9
Figura 5. Mapa de ubicación del volcán Misti.	10
Figura 6. Mapa geomorfológico del área de estudio: volcán Misti.	11
Figura 7. En primer plano, la planicie de acumulación; al fondo, el estratocono inferior y superior del volcán Misti.....	11
Figura 8. Mapa de peligros de la zona proximal para peligros múltiples.....	17
Figura 9. Mapa de peligro por emplazamiento de flujos de barro o lahares	18
Figura 10. Roseta que muestra la dirección preferente de vientos a 5865, 9690 y 10960 msnm.	19
Figura 11. Mapa de peligros por caída de ceniza para una erupción de magnitud baja (IEV 2)	20
Figura 12. Roseta que muestra la dirección preferente de vientos a 12445, 16645, 20662 y 26415 msnm.	22
Figura 13. Mapa de peligros por caída de ceniza para una erupción de magnitud moderada o grande (IEV 3-6).....	22
Figura 14. Sector agrícola del área de estudio del volcán Misti.....	23
Figura 15. Sector pecuario del área de estudio del volcán Misti.....	25
Figura 16. Mapa de identificación de los elementos expuestos: sector agropecuario Misti	26
Figura 17. Mapa del escenario de riesgo volcánico en los sectores urbanos: Misti	28
Figura 18. Mapa del escenario de riesgo volcánico: sectores agropecuarios: Misti	30
Figura 19. Mapa del escenario de riesgo por lahares	32



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Población del área de estudio del volcán Misti8
Tabla 2. Actividad histórica del Misti..... 12
Tabla 3. Sector agrícola del área de estudio del volcán Misti23
Tabla 4. Ganado vacuno del área de estudio del volcán Misti..... 24
Tabla 5. Ganado ovino del área de estudio del volcán Misti..... 24
Tabla 6. Ganado porcino del área de estudio del volcán Misti 24
Tabla 7. Población de alpacas del área de estudio del volcán Misti 24
Tabla 8. Cantidad de colmenas de abejas del área de estudio del volcán Misti..... 24
Tabla 9. Sector pecuario del área de estudio del volcán Misti..... 25
Tabla 10. Misti: Escenario de riesgo volcánico en elementos expuestos: Nivel Muy Alto.....27
Tabla 11. Misti: Escenario de riesgo volcánico en elementos expuestos: Nivel Alto27
Tabla 12. Misti: Escenario de riesgo en sectores agropecuarios, Distrito Alto Selva Alegre.....29
Tabla 13. Misti: Escenario de riesgo volcánico en sectores agropecuarios, Distrito Cayma29
Tabla 14. Misti: Escenario de riesgo volcánico en sectores agropecuarios, Distrito Chiguata29
Tabla 15. Misti: Escenario de riesgo volcánico en sectores agropecuarios, Distrito Paucarpata29
Tabla 16. Escenario de riesgo por lahares en elementos expuestos: Nivel Muy Alto32



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.

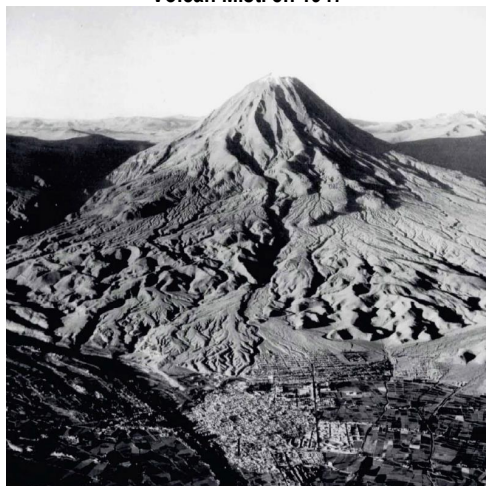
La elaboración del Escenario de riesgo volcánico surge en el marco del Proyecto denominado “Segunda fase: Aumentando la capacidad de resiliencia de las comunidades y los gobiernos subnacionales frente a los peligros volcánicos y los terremotos”, que se ejecuta en Arequipa y en el distrito de Ubinas (Moquegua) 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

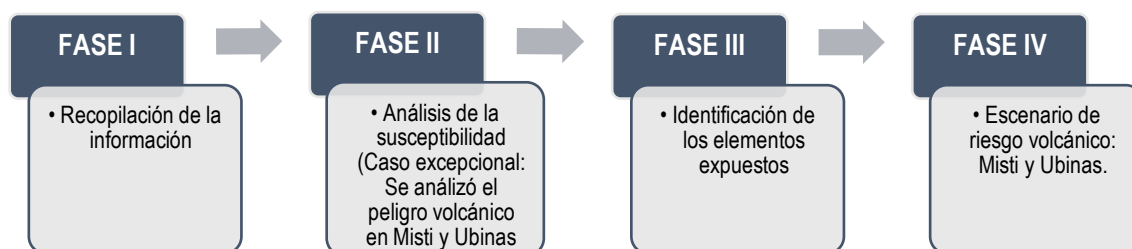
El presente escenario de riesgo se ha desarrollado en cuatro fases (Figura 2), la Fase I consistió en la recopilación de la información geoespacial y de archivos administrativos disponibles y desarrollados por entidades técnico-científicas, para tal fin, se generaron reuniones de coordinación entre los 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 II¹, 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.

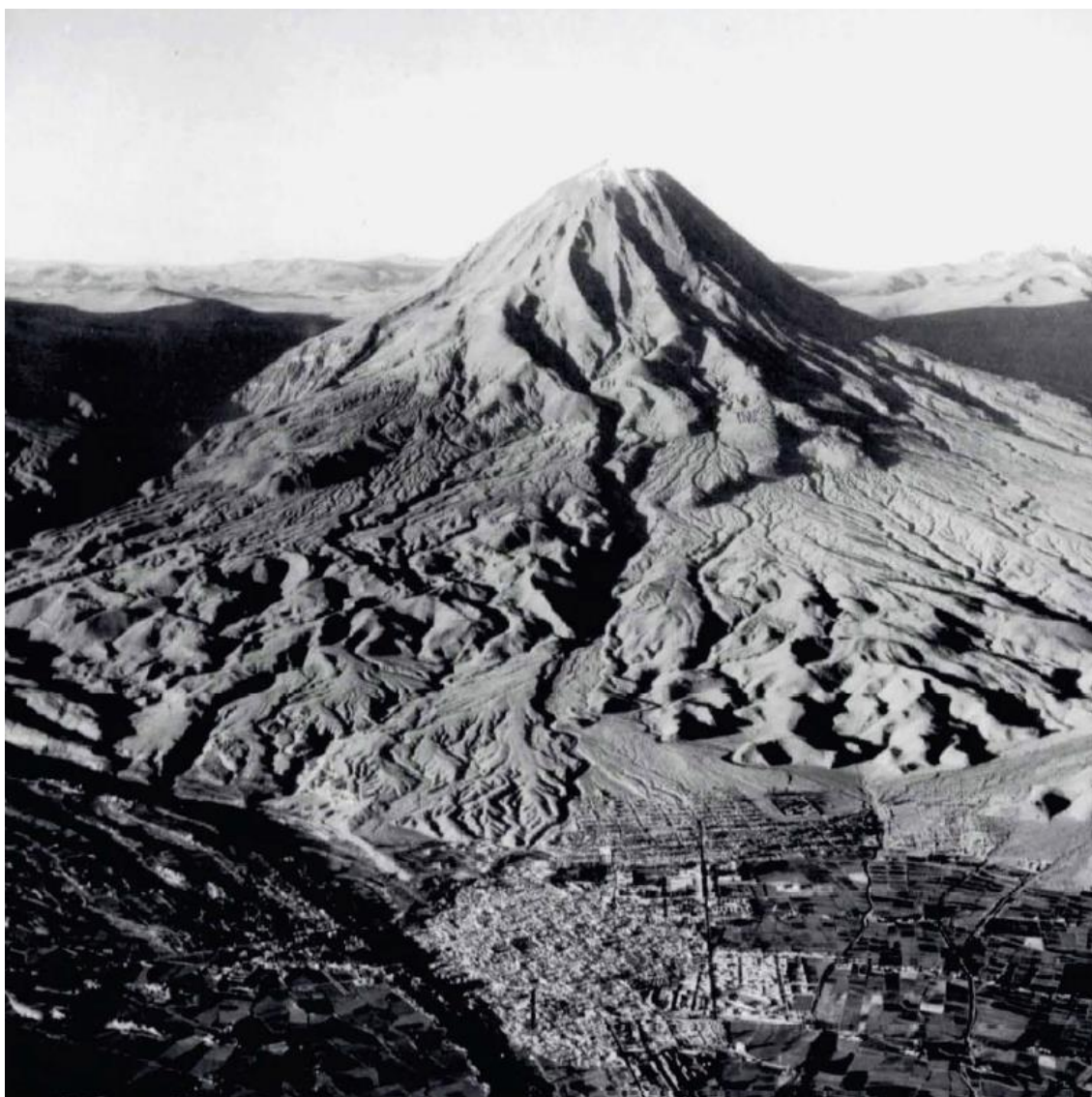
En la Fase IV, se determinó el escenario de riesgo para ambos sectores (Misti y Ubinas), de acuerdo con las unidades mínimas de análisis de sus elementos expuestos disponibles. Es así como, en el caso de la determinación del mapa del escenario de riesgo en los elementos de población y viviendas, estas 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.

¹ 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 MISTI



Fuente: INGEMMET (2013).



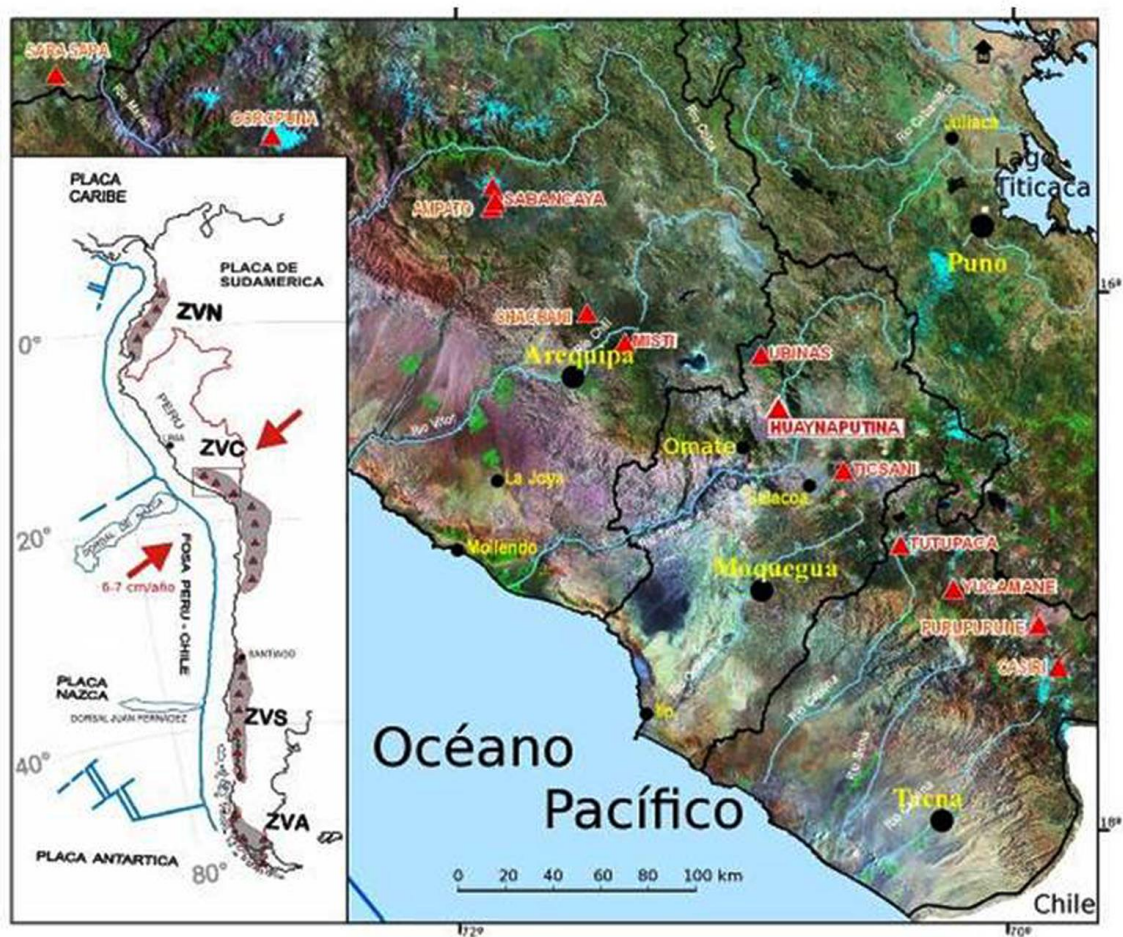
3.2 El peligro volcánico

3.2.1 Actividad volcánica histórica en el Perú

En el Perú existen más de 400 estructuras volcánicas (Fidel et al., 1997, como se citó en INGEMMET, 2013). Actualmente se consideran doce volcanes activos o potencialmente activos: Sara Sara, Solimana, Coropuna, Sabancaya, Chachani, Misti, Ubinas, Huaynaputina, Ticsani, Yucamane, Tutupaca y Casiri (Simkim & Siebert, 1994, como se citó en INGEMMET, 2013), todos estos se encuentran emplazados en la Zona Volcánica Central de los Andes (ZVC) (De Silva y Francis, 1991, como se citó en INGEMMET, 2013) (Figura 4).

Históricamente, se han registrado erupciones en siete de estos volcanes. De estos volcanes, el Misti y el Ubinas son considerados el más peligroso y el más activo del Perú respectivamente (INGEMMET, 2013).

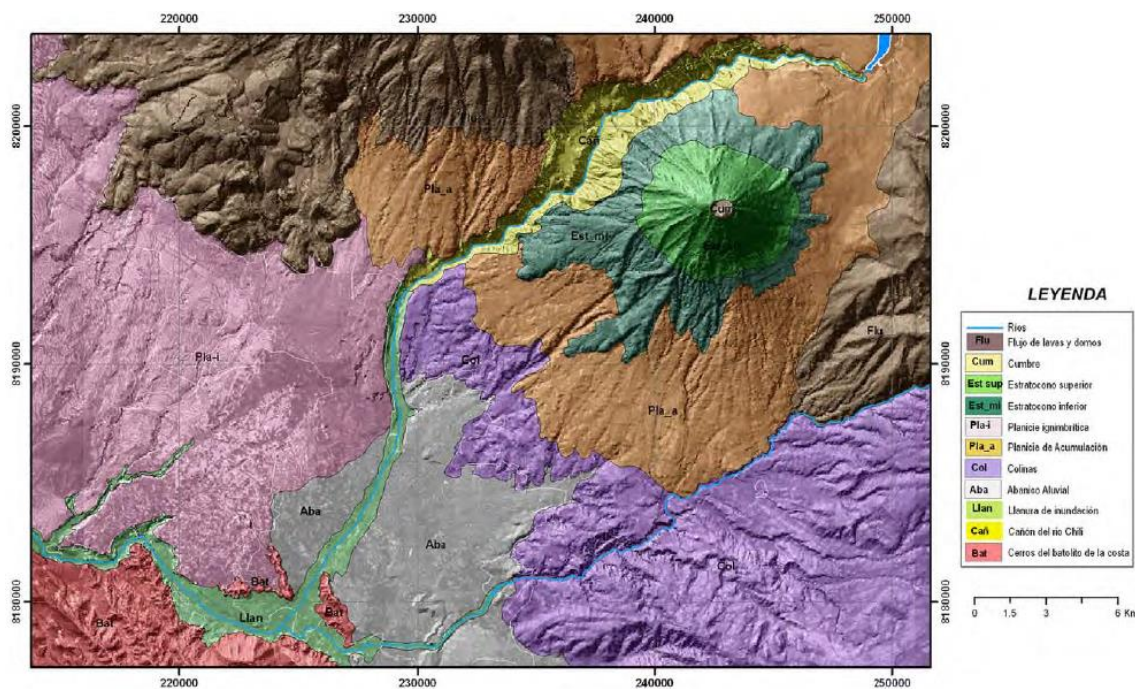
Figura 4. Distribución del volcanismo en el sur peruano



Fuente: INGEMMET (2013).



Figura 6. Mapa geomorfológico del área de estudio: volcán Misti.



Fuente: INGEMMET (2016)

Figura 7. En primer plano, la planicie de acumulación; al fondo, el estratocono inferior y superior del volcán Misti.



Fuente: INGEMMET (2016)



3.3.2 Actividad histórica del Misti

Diversas crónicas y recopilaciones efectuadas por Zamácola y Jauregui (1804), Cobo (1890), Barriga (1951), Chávez Chávez (1992), Hantke y Parodi (1966), Simkim y Siebert (1994), entre otros, así como recientes dataciones radiométricas de depósitos recientes del Misti (Thouret et al., 2001), dan cuenta de actividad histórica del volcán Misti. Algunas descripciones permiten identificar que se trató de erupciones volcánicas del Misti, lo cual se confirma también con varios depósitos emplazados sobre las caídas y flujos piroclásticos de la erupción de hace 2050 años. Otra evidencia es el cono de la cumbre que se ha formado dentro del cráter asociado a la erupción de hace 2050 años (Tabla 2) (INGEMMET, 2021).

Tabla 2. Actividad histórica del Misti

Evento	Descripción
Erupción ocurrida entre el año 655 y 865 d.C	En el flanco sur y sureste del Misti, entre los 3200 y 3800 msnm., se han encontrado depósitos de ceniza. Uno de los afloramientos posee 4 cm de espesor y aflora cerca a la quebrada Honda-Grande, a 9 km del cráter, y ha sido datado en 1290 ± 100 años A.P. (Thouret, et al., 2001). Al calibrar esta datación, obtenemos que este depósito está asociado a una erupción ocurrida entre el año 1304 y 1398 d.C.
Erupción ocurrida entre el año 1304 y 1398 d.C	En la quebrada Huarangal, a 3800 msnm, un depósito de caída piroclástica de ceniza ha sido datado en 620 ± 50 años A.P (Thouret et al., 2001). Luego de calibrar la datación, se establece que estaría asociada a una erupción ocurrida entre los años 1304 y 1398 d.C. El limitado volumen del depósito permite inferir que se trató de una erupción con un IEV mediano.
Erupción ocurrida entre 1440 y 1470 d.C (depósito de caída de ceniza "Pachacutec")	<p>Varias crónicas o relatos hacen referencia a una erupción ocurrida entre los años 1440 y 1470 d.C. Por ejemplo el padre Martín Murúa (1925), describe sobre Arequipa lo siguiente: "La Coya Ipabaco, mujer del Inca Yupanqui acudieron a esta ciudad (Arequipa) animando a toda la gente y haciendo muchos sacrificios al dicho volcán; gobernó mucho tiempo el Cuzco por ausencia de su marido el Inca Yupanqui; muy valerosa, manifiesta en un terrible terremoto en un volcán grande que esta tres leguas de la ciudad de Arequipa que lanzo de sí tanto fuego con tan grandes llamaradas que dicen que fue cierto haber llovido de esta ceniza en todo el reino, la cual mando hacer muchos sacrificios a sus ídolos". Más adelante, Murúa quien vivió en Arequipa entre los años 1599 y 1660 (Barriga, 1951), detalla los sucesos que acontecieron poco antes de la llegada de los españoles a Arequipa, refiere "dicen los viejos antiguos que esta ciudad llamada Yarpampa (antes que se llame Arequipa), que en tiempo del fuerte Inca Yupanqui, hubo un grandísimo terremoto, procedente del volcán por que lanzó de sí tanto fuego y con tan grandes llamaradas que parecía ser de día claro, cubriéndose luego el volcán de una nube oscurísima por espacio de dos días en los cuales no se vio más fuego".</p> <p>La erupción ocurrida entre 1440 y 1470 d.C., es corroborado por una pequeña capa de ceniza de color negro que subyace a la ceniza de color blanquecino asociada a la erupción del volcán Huaynaputina del año 1600 d.C. Entre ambos depósitos no existe una capa que los divide, por lo que se infiere que la ceniza negra fue emplazada en la época incaica relatada Murúa (1925).</p> <p>El depósito de caída de ceniza en mención, denominado también "ceniza Pachacutec", posee composición andesítica, es rica en plagioclasa y piroxenos. La ceniza es escoriaeácea y de coloración oscura, esto último guarda relación con lo descrito por Murua (1925), cuando escribe "cubriéndose luego el volcán de una nube oscurísima". El depósito de ceniza posee aproximadamente 10 cm de espesor en la parte superior del cono volcánico, entre 1 y 4 cm en el área de la ciudad de Arequipa, y finalmente la erupción habría tenido un IEV 2 (Thouret et al., 2001).</p>
Erupción ocurrida el año 1577 d.C	No se tienen mayores datos sobre este evento, solo el del padre Bernabé Cobo (1890), quien refiere "que son muchos los volcanes y que han reventado algunas veces, como hay memoria del de la ciudad de Arequipa (El Misti). León Pinelo dice



	<p>que este volcán hizo amago de ceniza en 1577, que reventaron en tiempo de los reyes Incas, antes de la venida de los españoles a este reino...". Sin embargo, no se han podido identificar depósitos asociados a este evento.</p>
Evento freático del año 1677 d.C	<p>Teodosio C. Ballón (1901), comete un error en su libro al relatarnos sobre la expedición realizada el 2 de Mayo de 1667 consignándola como realizada en el año 1677. Sobre esta erupción del volcán Misti del año 1677 que no tuvo mayores consecuencias, nos indica: "al continuar saliendo el humo se envió otra expedición encabezada por el cura de la compañía Fernando Bravo y otros, informando además de que habían sentido mucho ruido dentro del volcán".</p> <p>El presbítero Ventura Travada y Córdova en su crónica «Suelo de Arequipa convertido en Cielo» (1752) habla extensamente sobre el Misti y su actividad fumarólica de marzo y mayo de 1677. Los habitantes de Arequipa se atemorizaron al observar fumarolas en el volcán, ya que aún estaban muy frescos los recuerdos de la erupción del año 1600 del volcán Huaynaputina. Se organizaron expediciones, una en mayo, constató que lo observado desde la ciudad se trataba de fumarolas del volcán puesto que sintieron mucho olor a azufre.</p> <p>Todo indica que dicha actividad fue solo fumarólica, con limitada emanación de cenizas alrededor del cráter. Por ello se infiere que fue un evento freático.</p>
Evento freático del año 1784 d.C	<p>El historiador Zamácola y Jauregui (1804), relata algunos temblores y cosas curiosas ocurridas en inmediaciones del volcán Misti, aunque no lo nombra explícitamente: "El 9 de julio de 1784 hubo un temblor a las 8.39 de la mañana, el continuo movimiento de la tierra no descansa, por la noche a las 12.30 se oyó un estruendo como si hubiese disparado un cañonazo por el aire o como si se hubiese caído algunas casas; se asegura que en este instante descendió por el lado del volcán, un globo ígneo, que muchos lo vieron, sus centellas alumbraron y se hizo invisible por la parte de la sierra".</p> <p>Posiblemente esta descripción corresponda a un evento freático. No se tienen evidencias u otros relatos sobre la continuación del fenómeno.</p>
Evento freático del año 1787 d.C	<p>Según Barriga (1941), el Intendente de Arequipa Don Antonio Álvarez y Jiménez, describe lo siguiente: "Desde el día 28 de Julio un gran humo aliginoso y denso, que poniendo en consternación toda la ciudad a dado motivo a que el Estado Eclesiástico empezase a ser publicas procesiones y rogativas, citando a la gente de ambos sexos para procesión de sangre...". Luego de casi tres meses, el día 8 de Octubre de 1787 sale de Chiguata con dirección al cráter del volcán Misti, una expedición conformada por Francisco Suero, Francisco Vélez, Francisco Ojeda y doce indios cargados de yareta. Dicha expedición arriba al cráter el día 10 de octubre, luego del cual relatan lo siguiente: "En esta eminencia de Risqueria que domina toda la cumbre y parte principal de la citada boca observamos por espacio de 6 horas, que en el centro de ella salía expelido un gran trozo de vapor del grueso de mas de 9 cuerdas unas veces en forma de pirámide y otras en la de nube, siempre prolongada y continuando, sin embargo de forma hacia arriba en su dilatación diversas figuras y promontorios, según el impulso de la explosión de la gravedad del aire, que elevándose en grande altura se reunía y condensaba hasta formar cuerpos separados; los cuales corrían por la atmósfera, a donde les llevaba el viento a manera de nubes, de aquella especie de solidez y color que estas aparentan...".</p> <p>El relato antes expuesto, permite inferir que se trató de actividad fumarólica importante, que posiblemente haya emitido pequeñísimas cantidades de ceniza. Por lo citado podemos inferir que posiblemente se trató de un evento freático que duró por lo menos dos meses.</p>



<p>Eventos cuestionables ocurridos entre el Siglo XVI y XXI</p>	<p>Entre los siglos XVI y XX se han reportado varios eventos de alta actividad fumarólica del volcán Misti, que no parecen responder a una erupción de dicho volcán. Se tienen reportes de incremento de actividad fumarólica los años 1542, 1599, agosto de 1836, agosto de 1830, 1831, setiembre de 1869, marzo de 1870, 1948-49, y el último reportado entre 1984 y 1985 (Simkin y Siebert, 1994; Hantke y Parodi, 1996; Zamácola y Jáuregui, 1804; Barriga, 1951; Chávez Chávez, 1992; Thouret et al., 2001; Macedo, 1994). Estos eventos causaron alarma en la población y fueron confundidos probablemente con una reactivación del volcán Misti.</p> <p>Diversos trabajos realizados en el volcán Misti, entre finales del Siglo XX y durante los primeros años del Siglo XXI, han permitido constatar actividad fumarólica en el cráter del volcán. Trabajos de vigilancia de la fenomenología del volcán Misti realizado por el INGEMMET, han mostrado importantes emisiones de fumarolas entre los años 2008 y 2009 que incluso son visibles desde la ciudad de Arequipa y alcanzan entre 100 y 200 m de altura. Así mismo durante estos trabajos se ha podido registrar las emisiones en la base del cráter, el cual es variable durante el año.</p> <p>Los periodos de alta actividad fumarólica están normalmente precedidos de fuertes precipitaciones y a la presencia de nieve en la zona del cráter. Es muy posible que importantes volúmenes de agua se infiltre en el edificio volcánico y luego, debido a la alta temperatura pasa a la fase de vapor y es expulsado.</p>
---	---

Fuente: INGEMMET consulta web OVI (2021).



3.3.3 Mapa de peligros del volcán Misti

Los mapas de peligros volcánicos son documentos cartográficos que muestran el grado de peligrosidad volcánica de las áreas adyacentes a un determinado volcán. La intención de dichos mapas es representar las zonas susceptibles de ser afectadas por uno o varios fenómenos volcánicos en caso de una erupción de determinadas características, definidos previamente como escenarios generadores de peligros. En estos mapas se representa cartográficamente la extensión probable de todos los productos que un volcán es capaz de generar durante una futura erupción y que pueden provocar daños en su entorno (INGEMMET, 2016).

3.3.3.1 Mapa de peligros de la zona proximal para peligros múltiples

La zonificación de peligros del mapa principal se realizó para peligros múltiples, es decir, para el emplazamiento de flujos y oleadas piroclásticas, flujos de lava, proyectiles balísticos, lahares y avalanchas de escombros. El mapa se elaboró a escala 1/50000; para la representación de las zonas susceptibles a ser afectadas por los diferentes fenómenos volcánicos antes mencionados se emplearon tres colores: las zonas de alto peligro en color rojo, de moderado peligro en naranja y de bajo peligro en amarillo. La zona cercana al cráter (rojo) es la más peligrosa porque puede ser afectada con mayor frecuencia por todos los fenómenos, mientras que la zona amarilla representa áreas que pueden ser afectadas por pocos fenómenos y solo en erupciones de excepcional magnitud. La determinación de las tres zonas de peligros está basada en la combinación de las zonas que pueden ser afectadas por cada fenómeno volcánico por separado. Por esta razón, se lo denomina también mapa consolidado. Finalmente, los límites entre cada zona son graduales y no se pueden determinar con exactitud absoluta (Figura 8) (INGEMMET, 2016).

En el mapa se incluyó un Modelo de Elevación Digital para una mejor visualización del relieve de la zona. También se incluyó nombres y/o ubicación de algunas infraestructuras importantes, tales como distritos, carreteras, puentes, hospitales, aeropuertos, hidroeléctricas, entre otros (INGEMMET, 2016).

Igualmente, se consideraron zonas que pueden colapsar y generar avalanchas de escombros que descenderían por los flancos del volcán. El colapso podría estar asociado a una erupción volcánica o a un sismo fuerte. Si el colapso fuera del flanco noroeste, fácilmente se represaría el río Chili, cuyo desembalse generaría flujos de barro que se desplazarían a lo largo del valle del río, inundando las áreas distales. Si el colapso fuera del flanco sur, las avalanchas de escombros afectarían el sur, sureste y suroeste. La distancia alcanzada sería variable y dependería del volumen del material involucrado (INGEMMET, 2016).

A) Zona de alto peligro (rojo)

Para delimitar la zona de alto peligro, color rojo en el mapa, se consideró un escenario eruptivo de tipo vulcaniano con Índice de Explosividad de un Volcán (IEV) 2 y una erupción de tipo efusiva; ambos casos con un centro de emisión ubicado en el actual cráter del volcán Misti. Durante este tipo de erupciones, esta zona puede ser severamente afectada por caídas de tefra (cenizas y lapilli de pómez, pequeños flujos piroclásticos, lahares, flujos de lava y/o pequeñas avalanchas de escombros). Debido a su cercanía al volcán y sus características geomorfológicas, es la zona de mayor peligro, pues cualquier tipo de erupción la puede afectar, inclusive las de baja magnitud, como la ocurrida en el siglo XV, que tuvo un Índice de Explosividad Volcánica (IEV) de 1 a 2, y que se estima suceden cada 500 a 1500 años (INGEMMET, 2016).

Los límites de la zona de alto peligro se encuentran aproximadamente entre 5 y 10 km del cráter. En los flancos norte, NO y este se encuentran entre 6 y 7 km de distancia; en los flancos sur, SO, NE y SE, se ubican entre 8 y 10 km de distancia. Estas distancias diferenciadas se explican por la morfología del volcán.

En el volcán Misti no se tienen registros de flujos piroclásticos asociados a erupciones con IEV 2. Sin embargo, en otros volcanes sí se han observado formaciones de flujos piroclásticos pequeños durante erupciones con IEV 2. Por ejemplo, durante la erupción del volcán Reventador de 1976, o del Tungurahua en 2006, 2010, se generaron flujos piroclásticos que se emplazaron sobre el fondo del anfiteatro, recorriendo pocos kilómetros de distancia (Aguilera et al., 1988; Hall, 1980) (INGEMMET, 2016).

Esta zona también puede ser afectada por proyectiles balísticos, que son frecuentes durante erupciones vulcanianas con IEV 2. Durante la erupción del volcán Sabancaya de 1987 a 1998, los proyectiles balísticos alcanzaron varios kilómetros de distancia (Guillande et al., 1992; Thouret et al., 1994) y durante la erupción



del volcán Ubinas de 2006-2008, los proyectiles balísticos llegaron hasta 2 km de distancia del cráter (Rivera et al., 2010; Mariño et al., 2012) (INGEMMET, 2016).

Los límites de la zona de alto peligro coinciden con el alcance de un gran número de flujos de lavas del Misti. Durante erupciones efusivas, esta zona también puede ser afectada por flujos de lava. La mayoría de lavas del volcán Misti han alcanzado distancias promedio entre 5 y 8 km (INGEMMET, 2016).

La zona de alto peligro también se extiende a lo largo de las quebradas que bajan del volcán Misti y del río Chili, esto debido al posible emplazamiento de lahares de mediano volumen que han sido frecuentes durante erupciones vulcanianas con IEV 2 en el Misti y otros volcanes del sur del Perú. En la cuenca media del río Chili, se identificaron terrazas conformadas por lahares emplazados entre el Holoceno superior y la época histórica (fig. 4.27), cuatro de ellos datados en 1035 ± 45 , 520 ± 25 , 340 ± 40 y 330 ± 60 años B.P. (Delaite et al., 2005). Asimismo, en las quebradas San Lázaro, Pastores, Huarangal, El Chica y Agua Salada, que descienden por los flancos sur y SO del volcán Misti, se han identificado depósitos de lahar que sobreyacen al lahar asociado a la erupción de hace 2050 años B.P (INGEMMET, 2016).

B) Zona de moderado peligro (naranja)

Para delimitar la zona de moderado peligro, en naranja, se consideró un escenario de erupción subpliniana a pliniana con IEV 3 a 4, con un centro de emisión situado en el cráter actual del volcán Misti. Durante este tipo de erupciones, esta zona puede ser afectada por caídas de cenizas y lapilli de pómez, flujos y oleadas piroclásticas, laharesy/o avalanchas de escombros, generados durante una erupción del volcán Misti. Esta zona no sería afectada por flujos de lavas, debido a que por su viscosidad alta difícilmente llegarían a esta zona. Tampoco podría ser afectada por proyectiles balísticos, debido al limitado alcance de los mismos. Esta zona es de menor peligro que la zona roja y solo puede ser afectada durante erupciones de magnitud grande (IEV 3 - 4), como las erupciones producidas hace 2000 y 11 000 años. Erupciones de esta magnitud suceden cada 2000 a 4000 años, aproximadamente (INGEMMET, 2016).

Los límites de la zona de moderado peligro se encuentran aproximadamente entre 15 y 16 km del cráter hacia el oeste, SO y sur, mientras que de 9 a 13 km hacia el norte, NO, NE y SE. Estas distancias diferentes se explican por la morfología del volcán. Estos límites fueron definidos en base al alcance de los productos volcánicos cartografiados en dichos escenarios (INGEMMET, 2016).

Se consideró este escenario ya que el volcán Misti ha presentado erupciones de este tipo en el pasado. Por ejemplo, la erupción de hace 2050 años B.P. y la erupción que emplazó el depósito de caída Autopista (Thouret et al., 2001; Cacya et al., 2007; Cobeñas, 2009). Durante la erupción de hace 2050 años BP, los flujos piroclásticos llegaron a más de 13 km de distancia del cráter, en dirección sur y SO (Cobeñas, 2009). No se tienen registros de oleadas piroclásticas asociadas a esta erupción; es muy probable que estas hayan sido erosionadas. Por esta razón, los límites de la zona de moderado peligro se ubicaron entre 15 y 16 km, es decir, entre 2 y 3 km más de la distancia donde actualmente afloran los flujos piroclásticos de la erupción de hace 2050 años B.P (INGEMMET, 2016).

La zona de moderado peligro también se extiende a lo largo de las quebradas que bajan del volcán Misti y del río Chili, esto debido al posible emplazamiento de lahares. Según Thouret et al. (2001), poco después de la erupción de hace 2050 años B.P. se generaron lahares. Estos lahares han sido reconocidos al sur y SO del volcán Misti. En la quebrada San Lázaro, Delaite et al. (2005) estimaron que posee por lo menos 9 km de largo y 4 m de espesor. También estudios realizados por Cereceda & Mariño (2008) han permitido identificar 13 depósitos de lahar entre Pampas de Cusco y Congata, de los cuales 10 presentan de 1 a 3m de espesor y podrían estar asociados a erupciones con IEV 3-4. Esta hipótesis aún no ha sido verificada.

C) Zona de bajo peligro (amarillo)

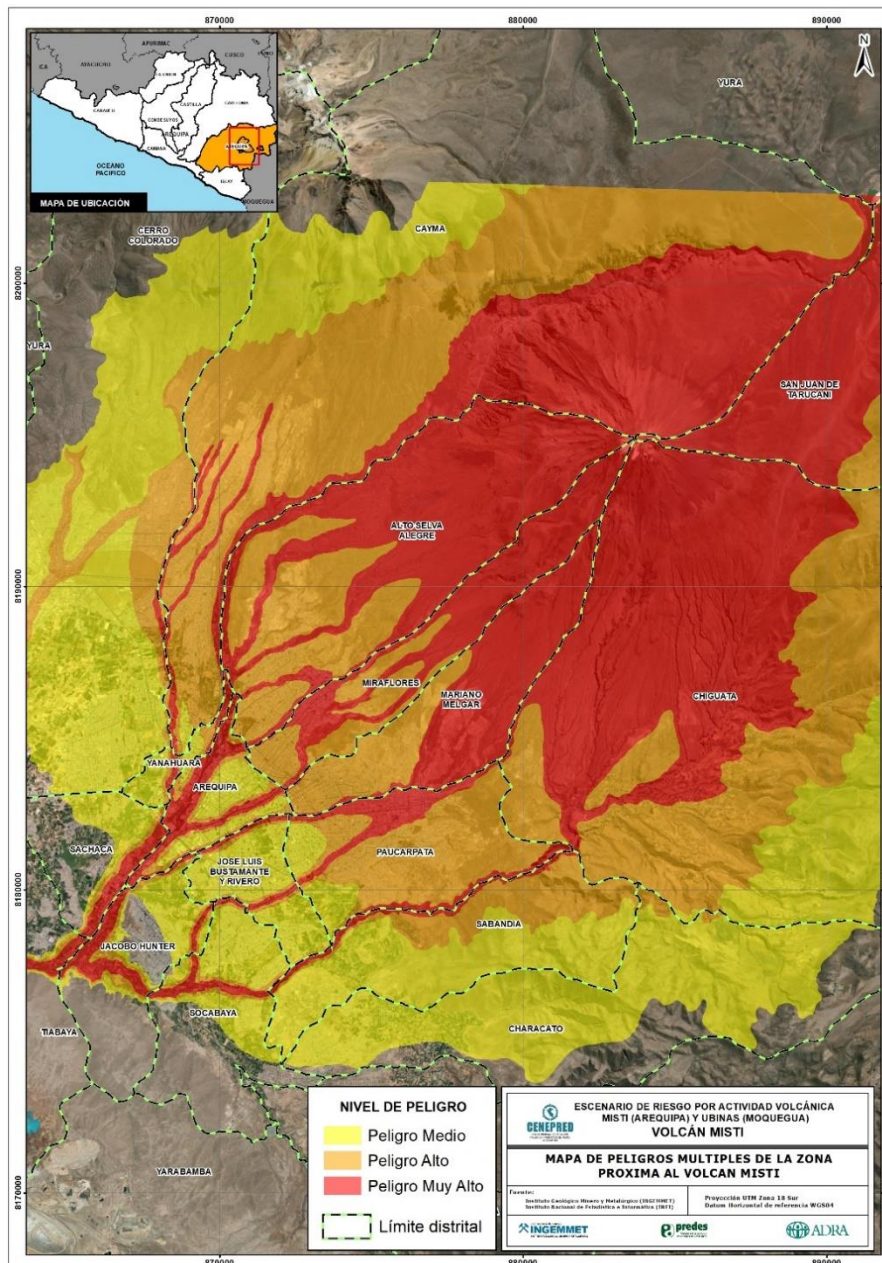
Para delimitar la zona de bajo peligro de amarillo, se consideró un escenario de erupción con VEI igual o mayor a 5. Durante este tipo de erupciones, esta zona puede ser afectada solo por flujos, oleadas y caídas piroclásticas de pómez y/o ceniza, como las ocurridas hace 13600 y 33000 años, que emplazaron voluminosos flujos piroclásticos (ignimbritas). La frecuencia de este tipo de eventos es baja y se estima que ocurren cada 10 000 a 20,000 años. La zona de bajo peligro es la zona más alejada del volcán y, por tanto, la de menor peligro (INGEMMET, 2016).



Los límites de la zona de bajo peligro se encuentran aproximadamente entre 16 y 24 km de distancia del cráter del volcán Misti, rangos de distancia donde se han encontrado depósitos de flujos piroclásticos asociados a erupciones grandes del Misti. Por ejemplo, los depósitos del Grupo 2-3 (47.3 ka²) que afloran a 17 km al sur y SO del cráter; el depósito rico en pómez de hace 40 ka aflora a 14 km al oeste del cráter; y el depósito color salmón, asociado al Grupo 3-3 (24 a 20 ka), aflora a 16 km al SO del cráter (INGEMMET, 2016).

La zona de bajo peligro también se extiende a lo largo de los ríos Chili y Andamayo. Esto debido al posible emplazamiento de lahares de importante volumen durante erupciones de gran magnitud. Por ejemplo, Cereceda & Mariño (2008) identificaron los depósitos de lahar Tingo Grande, Pichu Pichu y Andamayo que presentan entre 7 y 11 m de espesor, a más de 25 km al SO del volcán Misti. Debido a su importante espesor, estos depósitos de lahar podrían estar asociados a las erupciones plinianas del volcán Misti, sin embargo no se ha podido probar esta hipótesis (INGEMMET, 2016).

Figura 8. Mapa de peligros de la zona proximal para peligros múltiples



² 1 ka = 1.000 años

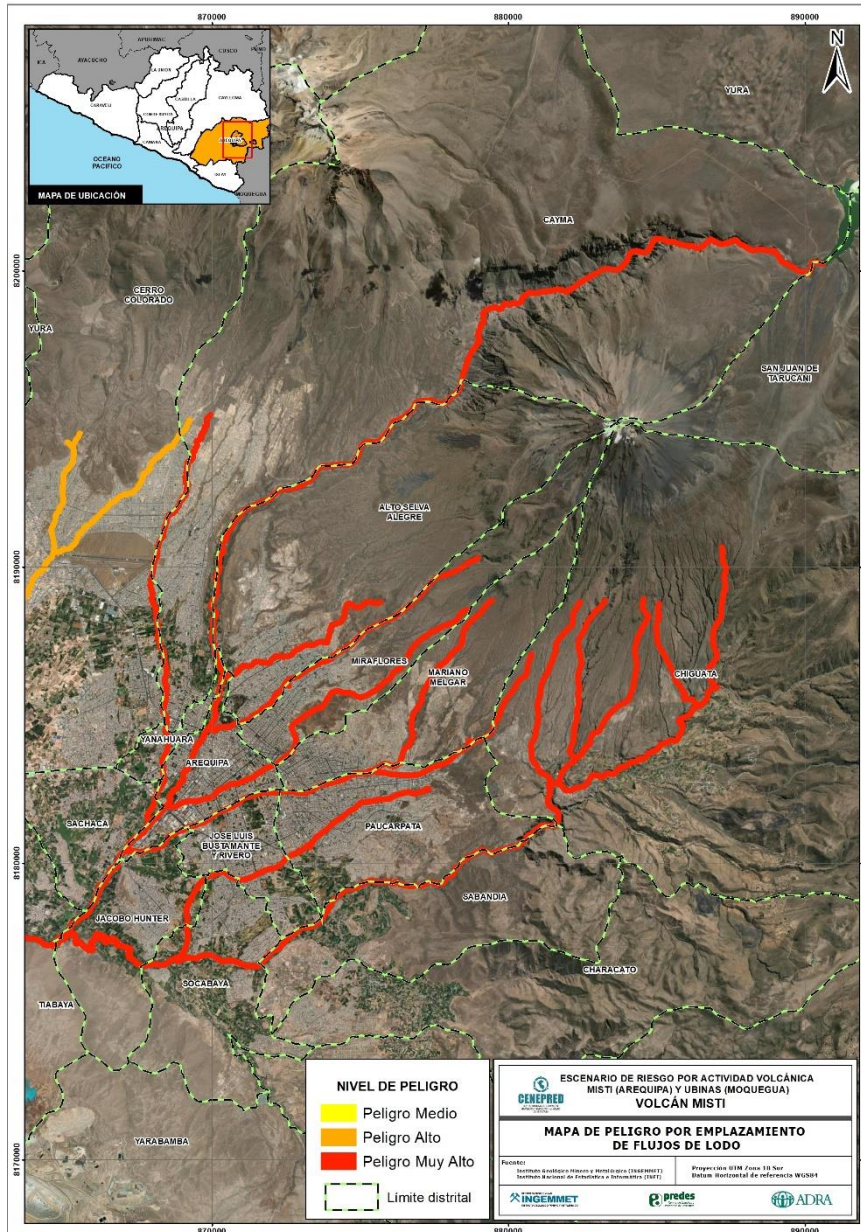


3.3.3.2 Mapa de peligro por emplazamiento de flujos de barro o lahares

El mapa de peligros por emplazamiento de lahares se realizó para eventos de este tipo que tengan alcance local y regional. Este mapa está basado en depósitos de lahares que se han identificado en el río Chili. Se tiene una zona de color rojo y otro de color naranja (Figura 9) (INGEMMET, 2016).

Los lahares que se muestran en color rojo son de alcance local. Pueden generarse de tres formas: a) durante erupciones de magnitud pequeña a moderada, con IEV 2 a 5; b) durante precipitaciones fuertes; c) por el colapso del flanco NO del volcán Misti, que provocaría el represamiento del río Chili en la zona del cañón y su posterior desembalse (INGEMMET, 2016).

Figura 9. Mapa de peligro por emplazamiento de flujos de barro o lahares



Está basado en depósitos de lahares ubicados en el río Chili y quebradas que bajan del volcán Misti, muy posiblemente asociados a erupciones con IEV 2 a 3. Por ejemplo, se encuentran los lahares datados en 1035 ± 45 , 520 ± 25 , 340 ± 40 y 330 ± 60 años B.P. (Delaite et al., 2005), así como el lahar asociado a la erupción de hace 2050 años B.P., del volcán Misti. También está basado en los 10 depósitos de lahar identificados entre Pampas de Cusco y Congata (Cereceda & Mariño, 2008). Las dimensiones y características de estos depósitos ya fueron descritas en los acápite anteriores.



Los lahares que se muestran en color naranja (fig. 7.6) son de alcance regional. Pueden generarse durante erupciones de gran magnitud, con IEV 6. Se basan en los lahares que se originaron durante la erupción del volcán Huaynaputina de 1600 d.C. En dicha oportunidad se generaron lahares de gran volumen que llegaron hasta el océano Pacífico, luego de recorrer más de 120 km de distancia (Thouret et al., 1999b) (INGEMMET, 2016).

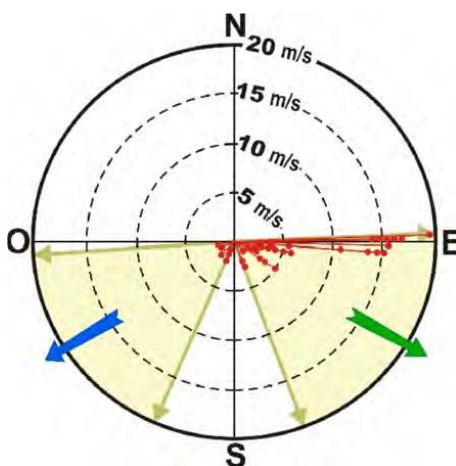
También se han identificado lahares de gran volumen en los ríos Chili y Andamayo, asociados posiblemente a erupción grandes del volcán Misti. Estudios realizados por Cereceda y Mariño (2008), han permitido identificar 3 lahares importantes, denominados Tingo Grande, Pichu Pichu, Andamayo y Uchumayo, en la zona de Pampas del Cusco y Congata. Estos lahares poseen varios metros de espesor a más de 25 km del volcán Misti. Incluso el lahar Uchumayo posee cerca de 1 m de espesor a 50 km de distancia del volcán Misti (INGEMMET, 2016).

3.3.3.3 Mapa de peligros por caída de ceniza para una erupción de magnitud baja (IEV 2)

El mapa de peligros por caídas de piroclastos para una erupción de magnitud baja del volcán Misti se realizó en base a un escenario de erupción de tipo vulcaniano con IEV 2. Se estima que en el volcán Misti ocurren erupciones vulcanianas con IEV 1-2 cada 500 a 1500 años, aproximadamente (INGEMMET, 2016).

Para delimitar las zonas con diferentes grados de peligrosidad, se utilizó como referencia el mapa de isópacas de ceniza de la erupción del volcán Misti del siglo XV. Para la construcción de este mapa también se consideraron las direcciones y velocidades predominantes de los vientos, quienes controlan la dirección preferente de dispersión de las cenizas. Las direcciones de vientos fueron determinadas por especialistas del Instituto Geofísico del Perú, mediante el análisis de datos NCEP/NCAR, para el período 1979-1998. Se consideraron alturas de vientos a 5865, 9690 y 10960 msnm. Durante el año se tienen dos direcciones preferentes: entre los meses de abril y octubre se dirigen preferentemente en dirección E, SE y SSE; mientras que entre noviembre y marzo se dirigen principalmente en dirección O, SO y SSO (Figura 10) (INGEMMET, 2016).

Figura 10. Roseta que muestra la dirección preferente de vientos a 5865, 9690 y 10960 msnm.



Las líneas rojas representan la dirección y velocidad de los vientos. Fuente: IGP, con datos de NCEP/ NCAR, 1979-1998.

A) Zona de alto peligro (rojo)

La zona de alto peligro, de color rojo en el mapa (Figura 11), puede ser afectada por caídas de ceniza de más de 4 cm de espesor, durante erupciones de magnitud baja con IEV 2 (INGEMMET, 2016).

Para delimitar esta zona de alto peligro, se utilizó como referencia el mapa de isópacas de ceniza de las erupción del volcán Misti del siglo XV (Thouret et al., 2001). En el mapa en mención, la isópaca de 4 cm de espesor pasa a 15 km al SO, aproximadamente. Esta máxima distancia fue proyectada en las distintas direcciones de vientos obtenidos (INGEMMET, 2016).



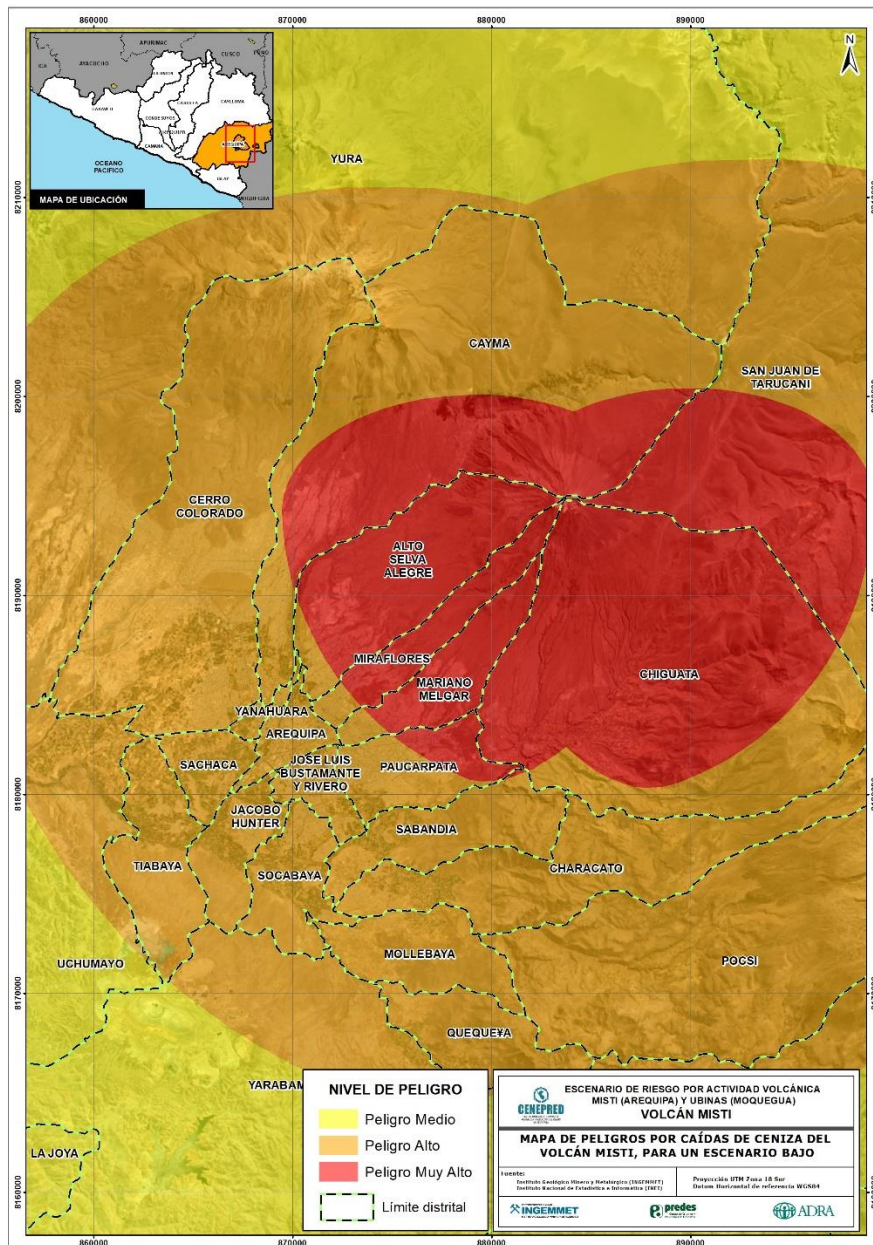
B) Zona de moderado peligro (naranja)

La zona de moderado peligro, de color naranja en el mapa, puede ser afectada por caídas de ceniza de más de 1 cm de espesor, durante erupciones de magnitud baja con IEV 2. Para delimitar esta zona de moderado peligro, se utilizó como referencia el mapa de isópacas de ceniza de las erupciones del volcán Misti del siglo XV (Thouret et al., 2001). En el mapa en mención, la isópaca de 1 cm de espesor pasa a una distancia máxima de 30 km al oeste del volcán. Esta máxima distancia fue proyectada en las distintas direcciones de vientos obtenidos (INGEMMET, 2016).

C) Zona de bajo peligro (amarillo)

La zona de bajo peligro, de color amarillo en el mapa, puede ser afectada por caídas de cenizas de menos de 1 cm de espesor, durante erupciones de magnitud baja con IEV 2. Para delimitar esta zona de bajo peligro también se utilizó como referencia el mapa de isópacas de ceniza de las erupciones del volcán Misti del siglo XV (Thouret et al., 2001), así como el procedimiento descrito en el acápite anterior (INGEMMET, 2016).

Figura 11. Mapa de peligros por caída de ceniza para una erupción de magnitud baja (IEV 2)





3.3.3.4 Mapa de peligros por caída de ceniza para una erupción de magnitud moderada o grande (IEV 3-6)

El mapa de peligros por caídas piroclásticas para una erupción de magnitud grande del volcán Misti se realizó en base a un escenario de erupción de tipo subpliniano con IEV 3 a 4 y otro pliniano con IEV 6. Se escogieron estos escenarios porque se han identificado varios depósitos de caída piroclástica del volcán Misti que han sido asociados a erupciones subplinianas y plinianas. Por ejemplo, la erupción del volcán Misti de hace 2050 años B.P., con un IEV de 3 y la erupción que emplazó el depósito de caída Autopista, con un IEV de 4 (Thouret et al., 2001; Cacya et al., 2007; Cobeñas, 2009). También se tienen depósitos de caída piroclástica que por su espesor podrían estar asociados a erupciones plinianas con IEV mayor o igual a 5, tales como el depósito de caída Fibroso I, de hace 33.8 ka, y los depósitos de caída Sacaroso y Fibroso emplazados entre 24 y 20 ka. Se estima que en el volcán Misti ocurren erupciones subplinianas con IEV 3-4, cada 2 a 4 mil años aproximadamente, y erupciones con IEV igual o mayor a 5, cada 10 a 20 mil años, aproximadamente (INGEMMET, 2016).

Para la construcción de este mapa, también se consideraron las direcciones y velocidades predominantes de vientos. Las direcciones de vientos fueron determinadas mediante el análisis de datos NCEP/NCAR, para el período 1979-1998, por especialistas del Instituto Geofísico del Perú. Se consideraron alturas de vientos a 12445, 16645, 20662 y 26415 msnm, que son alturas típicas de columnas eruptivas durante erupciones subplinianas y plinianas. Durante el año se tienen dos direcciones preferentes: entre los meses de abril y octubre se dirigen preferentemente en dirección NE, E y SE, mientras que entre noviembre y marzo se dirigen principalmente en dirección NO, O y SO (INGEMMET, 2016).

A) Zona de alto peligro (rojo)

La zona de alto peligro, de color rojo en el mapa (Figura 13), puede ser afectada por caídas de ceniza y lapilli de pómez (también líticos) de más de 20 cm de espesor, durante erupciones de magnitud moderada con IEV 3 a 4 (INGEMMET, 2016).

Para delimitar esta zona de alto peligro, se utilizó como referencia los mapas de isópacas de ceniza y pómez de las erupciones del volcán Misti de hace 2050 años B.P., y del depósito de caída Autopista. En el mapa de isópacas de la erupción del volcán Misti de hace 2050 años B.P., la isópaca de 20 cm pasa aproximadamente a 16 km al SO del cráter (figura 6.6, Thouret et al., 2001), mientras que la isópaca de 20 cm del depósito de caída Autopista pasa a 25 km al oeste del cráter (Cacya et al., 2007). Se utilizó esta distancia máxima, 25 km, para delimitar la zona de alto peligro, la que fue proyectada en las distintas direcciones de vientos obtenidos (INGEMMET, 2016).

B) Zona de moderado peligro (naranja)

La zona de moderado peligro, de color naranja en el mapa, puede ser afectada por caídas de ceniza y piedra pómez de más de 10 cm de espesor, durante erupciones de magnitud grande con IEV 5-6 (INGEMMET, 2016).

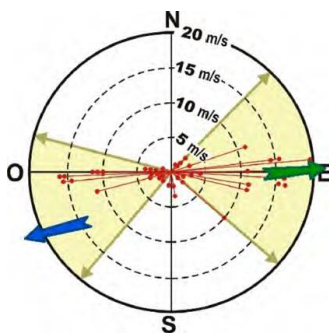
Debido a que no se cuenta con un mapa de dispersión de ceniza para una erupción con IEV igual o mayor de 5 del volcán Misti, para delimitar esta zona de moderado peligro se utilizó como referencia el mapa de isópacas de la erupción del volcán Huaynaputina del año 1600 d.C. (Thouret et al., 1999b). En el mapa en mención, la máxima distancia alcanzada por la isópaca de 10 cm es de 55 km, aproximadamente. Esta máxima distancia fue proyectada en las distintas direcciones de vientos obtenidos (INGEMMET, 2016).

C) Zona de bajo peligro (amarillo)

La zona de bajo peligro, de color amarillo en el mapa, es la zona que puede ser afectada por caídas de ceniza de 7 a 10 cm de espesor, durante erupciones de magnitud grande con IEV 6. También en este caso, y por razones ya explicadas, se utilizó como referencia el mapa de isópacas de la erupción del volcán Huaynaputina del año 1600 d.C. (Thouret et al., 1999b). En el mapa en mención, la máxima distancia alcanzada por la isópaca de 70 cm fue de 83 km, aproximadamente. Esta máxima distancia fue proyectada en las distintas direcciones de vientos obtenidos (Figura 12) (INGEMMET, 2016).

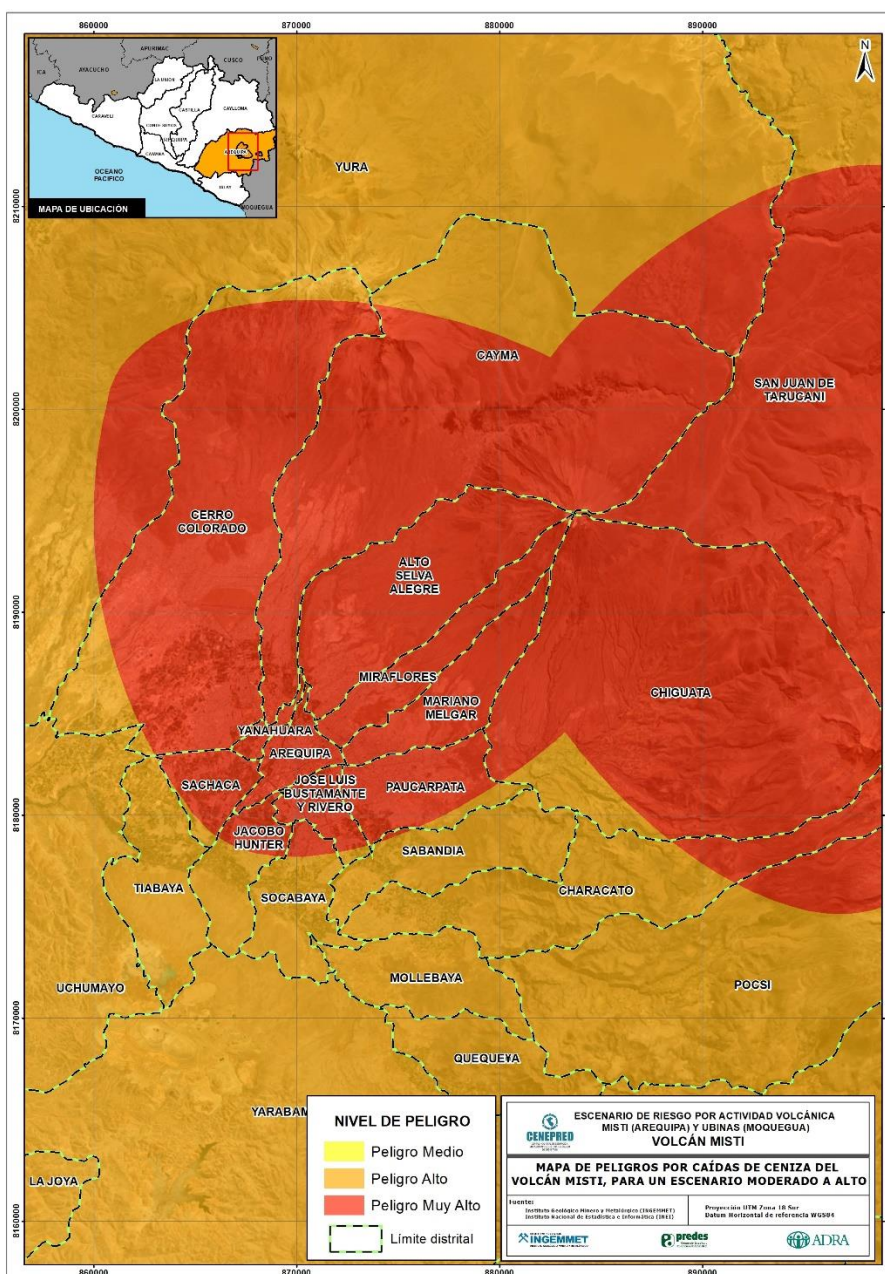


Figura 12. Roseta que muestra la dirección preferente de vientos a 12445, 16645, 20662 y 26415 msnm.



Fuente: IGP, con datos de NCEP/NCAR, 1979-1998, citado de INGEMMET (2016).

Figura 13. Mapa de peligros por caída de ceniza para una erupción de magnitud moderada o grande (IEV 3-6)





3.4 Identificación de los elementos expuestos

3.4.1 Sectores agropecuarios

3.4.1.1 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 Chiguata concentra la mayor cantidad de estas con 1608.93 Ha, seguido de lejos por Cayma con 415.61 Ha (Tabla 3, Fuente: Elaborado por el CENEPRED con datos del CENAGRO 2012.

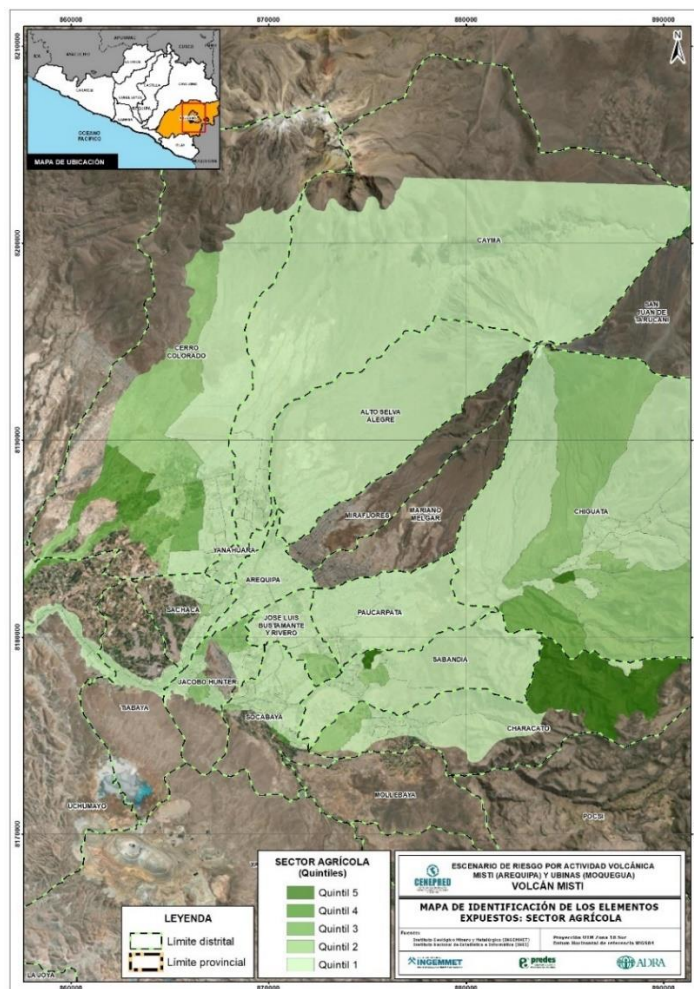
Figura 14).

Tabla 3. Sector agrícola del área de estudio del volcán Misti

Símbolo	Rango (Ha)	Arequipa						Total (Ha)	Áreas agrícolas en porcentaje
		Alto Selva Alegre	Cayma	Chiguata	Paucarpata	Mariano Melgar	Miraflores		
Q1	0 - 74	57.50	415.61	544.26	224.34	0.00	0.00	1241.70	53.8%
Q2	75 -142	0.00	0.00	501.67	0.00	0.00	0.00	501.67	21.8%
Q3	143 - 220	0.00	0.00	142.05	0.00	0.00	0.00	142.05	6.2%
Q4	221 - 310	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.0%
Q5	310 - 2236	0.00	0.00	420.94	0.00	0.00	0.00	420.94	18.3%

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

Figura 14. Sector agrícola del área de estudio del volcán Misti



3.4.1.2 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 4), seguido de ganado ovino (Tabla 5), ganado porcino (Tabla 6), población de alpacas (Tabla 7) y cantidad de colmenas de abejas (Tabla 8); obteniéndose de esta manera, los valores para el sector pecuario (Tabla 9, Figura 15).

Tabla 4. Ganado vacuno del área de estudio del volcán Misti

Símbolo	Rango (N° de animales)	Arequipa						Total	Numero de ganado vacuno en %
		Alto Selva Alegre	Cayma	Chiguata	Paucarpata	Mariano Melgar	Miraflores		
Q1	0 - 86	47	254	596	186	0	0	1,083	29.9%
Q2	87 - 140	0	381	233	0	0	0	614	17.0%
Q3	141 - 215	0	362	0	156	0	0	518	14.3%
Q4	216 - 435	0	0	249	0	0	0	249	6.9%
Q5	436 - 1155	0	0	1,154	0	0	0	1,154	31.9%

Tabla 5. Ganado ovino del área de estudio del volcán Misti

Símbolo	Rango (N° de animales)	Arequipa						Total	Numero de ganado ovino en %
		Alto Selva Alegre	Cayma	Chiguata	Paucarpata	Mariano Melgar	Miraflores		
Q1	0 - 67	56	135	332	32	0	0	555	7.5%
Q2	68 - 153	0	137	744	350	0	0	1,231	16.7%
Q3	154 - 440	0	575	1,835	0	0	0	2,410	32.7%
Q4	440 - 1490	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Q5	1490 - 3172	0	0	3,171	0	0	0	3,171	43.1%

Tabla 6. Ganado porcino del área de estudio del volcán Misti

Símbolo	Rango (N° de animales)	Arequipa						Total	Numero de ganado porcino en %
		Alto Selva Alegre	Cayma	Chiguata	Paucarpata	Mariano Melgar	Miraflores		
Q1	0 - 800	0	22	53	4	0	0	79	1.6%
Q2	801 - 1500	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Q3	1501 - 2500	2,117	0	0	0	0	0	2,117	43.0%
Q4	2501 - 3200	0	0	0	2,725	0	0	2,725	55.4%
Q5	3201 - 3706	0	0	0	0	0	0	0	0.0%

Tabla 7. Población de alpacas del área de estudio del volcán Misti

Símbolo	Rango (N° de animales)	Arequipa						Total	Numero de alpacas en %
		Alto Selva Alegre	Cayma	Chiguata	Paucarpata	Mariano Melgar	Miraflores		
Q1	0 - 84	0	1	37	5	0	0	43	100.0%
Q2	85 - 180	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Q3	181 - 450	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Q4	451 - 1500	0	0	0	0	0	0	0	0.0%
Q5	1501 - 3861	0	0	0	0	0	0	0	0.0%

Tabla 8. Cantidad de colmenas de abejas del área de estudio del volcán Misti

Símbolo	Rango (N° de Colmenas)	Arequipa						Total	Numero de colmena de abejas en %
		Alto Selva Alegre	Cayma	Chiguata	Paucarpata	Mariano Melgar	Miraflores		
Q1	0 - 9	0	0	17	8	0	0	25	12.6%
Q2	10 - 18	0	0	12	0	0	0	12	6.0%
Q3	19 - 28	0	0	57	0	0	0	57	28.6%
Q4	29 - 36	0	0	60	0	0	0	60	30.2%
Q5	37 - 46	0	45	0	0	0	0	45	22.6%

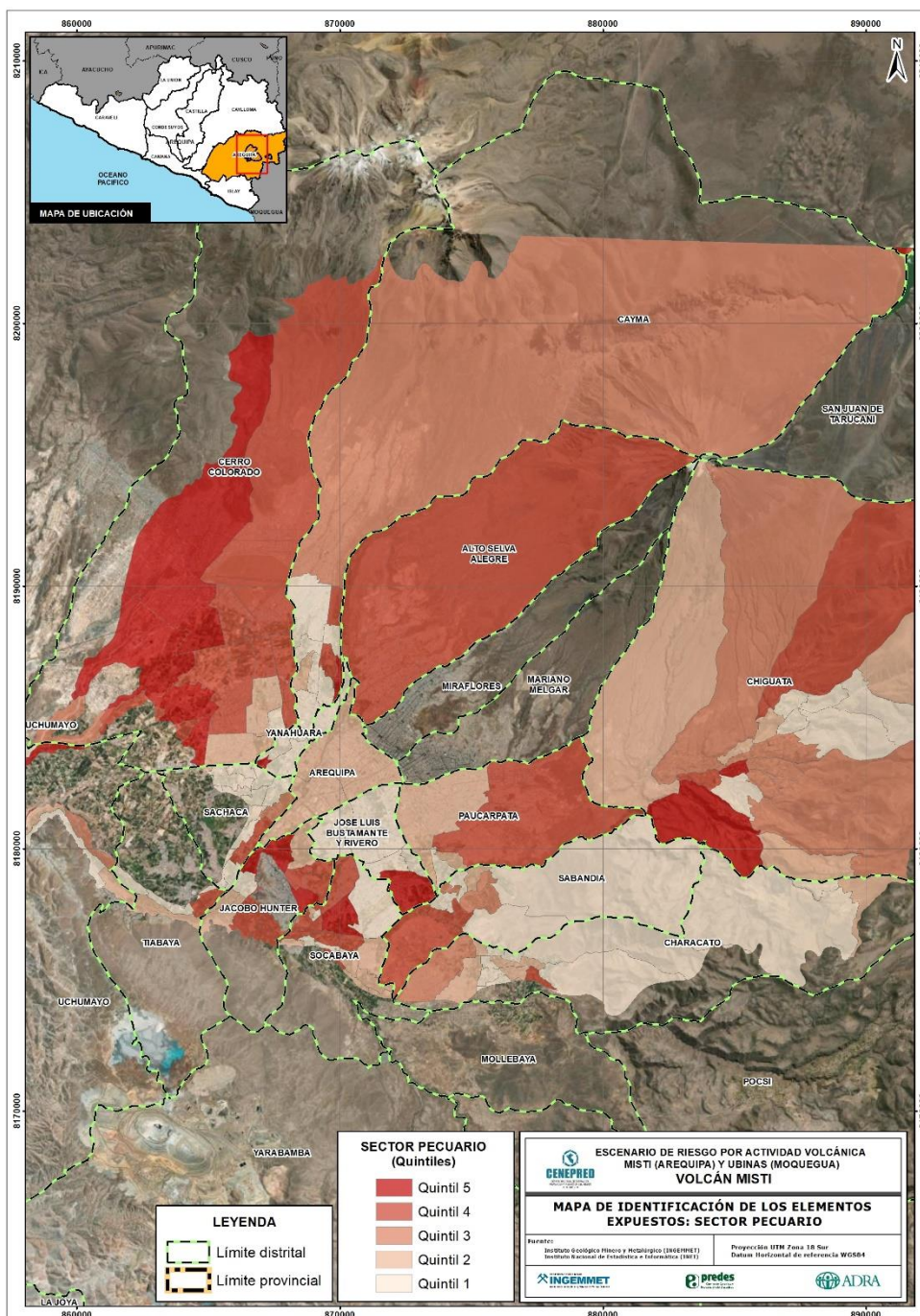


Tabla 9. Sector pecuario del área de estudio del volcán Misti

Símbolo	Sector Pecuario				
	N° Vacunos	N° Ovinos	N° Porcino	N° Alpacas	N. Colmenas de Abeja
Q1	1083	555	79	43	25
Q2	614	1231	0	0	12
Q3	518	2410	2117	0	57
Q4	249	0	2725	0	60
Q5	1154	3171	0	0	45

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

Figura 15. Sector pecuario del área de estudio del volcán Misti



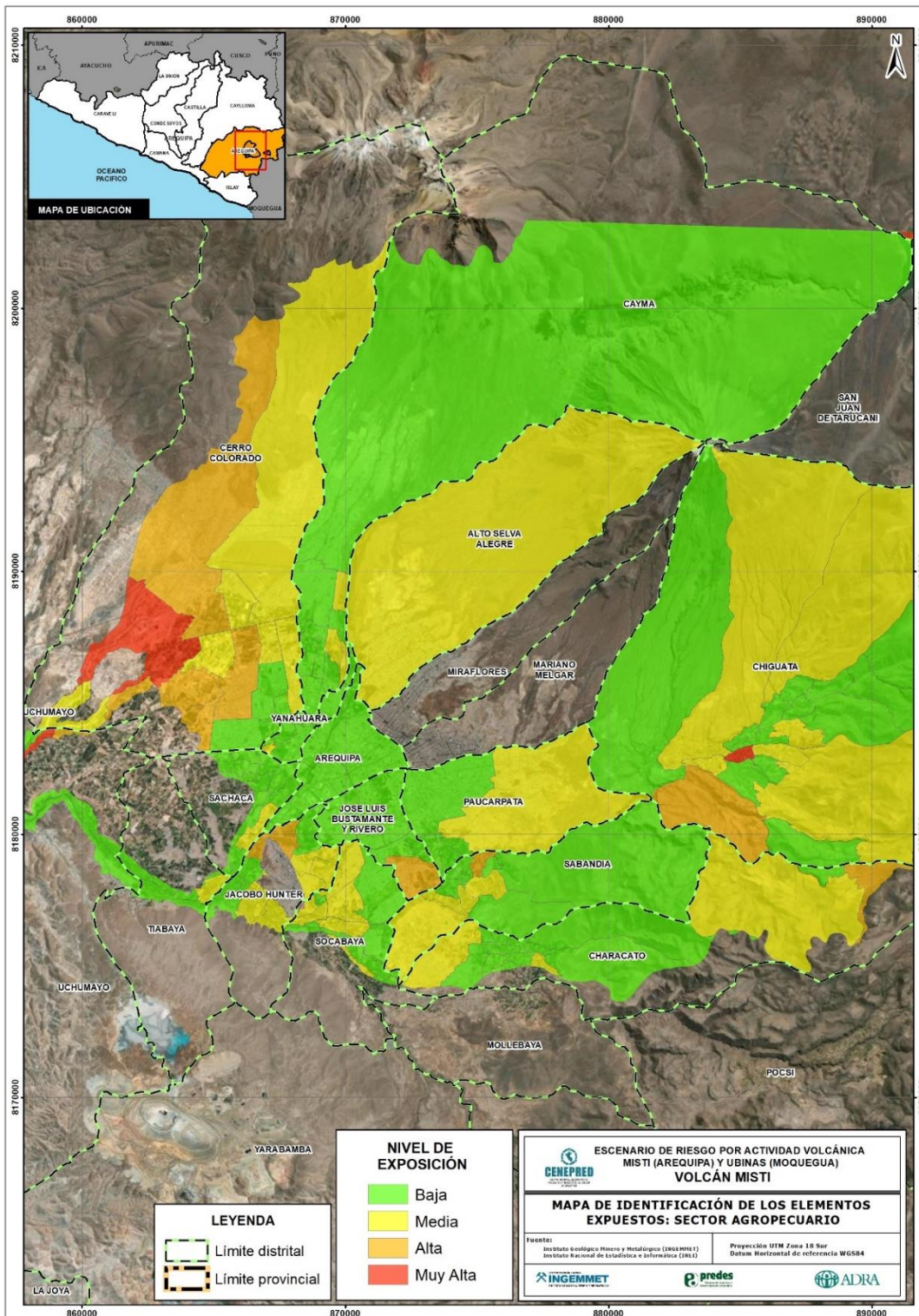


3.4.1.3 Mapa de identificación de los elementos expuestos: Misti

Posteriormente, se superponen las capas de los sectores agrícola (Fuente: Elaborado por el CENEPRED con datos del CENAGRO 2012.

Figura 14) y pecuario (Figura 15) 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 16).

Figura 16. Mapa de identificación de los elementos expuestos: sector agropecuario Misti





3.5 Escenario de riesgo volcánico: Misti

3.5.1 Escenario de riesgo volcánico

3.5.1.1 Sectores urbanos

El presente mapa de riesgo se obtuvo por exposición, al superponer la base de manzanas censales del 2017, con los datos de población y vivienda generados por el INEI, con la capa del mapa de peligros de la zona proximal para peligros múltiples (Figura 8). Además, también se consideraron infraestructura crítica, tales como establecimientos de salud, instituciones educativas y recursos de respuesta (Figura 17).

Página | 27

El resultado obtenido, fue el siguiente con respecto a población: 77,440 personas en manzanas con nivel de riesgo Muy Alto (Tabla 10) y 328,696 con nivel Alto (Tabla 11).

Tabla 10. Misti: Escenario de riesgo volcánico en elementos expuestos: Nivel Muy Alto

Muy Alto						
Distrito	Numero de Manzanas	Población	Numero de Viviendas	EE. Salud	Institución Educativa	Recurso Respuesta
ALTO SELVALEGRE	253	14,644	3,476	3	20	1
CAYMA	149	4,764	1,279	7	11	1
CHIGUATA	65	1,149	325	1	5	1
MARIANO MELGAR	126	4,318	1,241	1	10	0
MIRAFLORES	304	22,059	5,318	5	18	2
PAUCARPATA	338	30,506	6,404	5	38	1
TOTAL	1,235	77,440	18,043	22	102	6

Fuente: Elaborado por el CENEPRED con datos del INEI (2017).

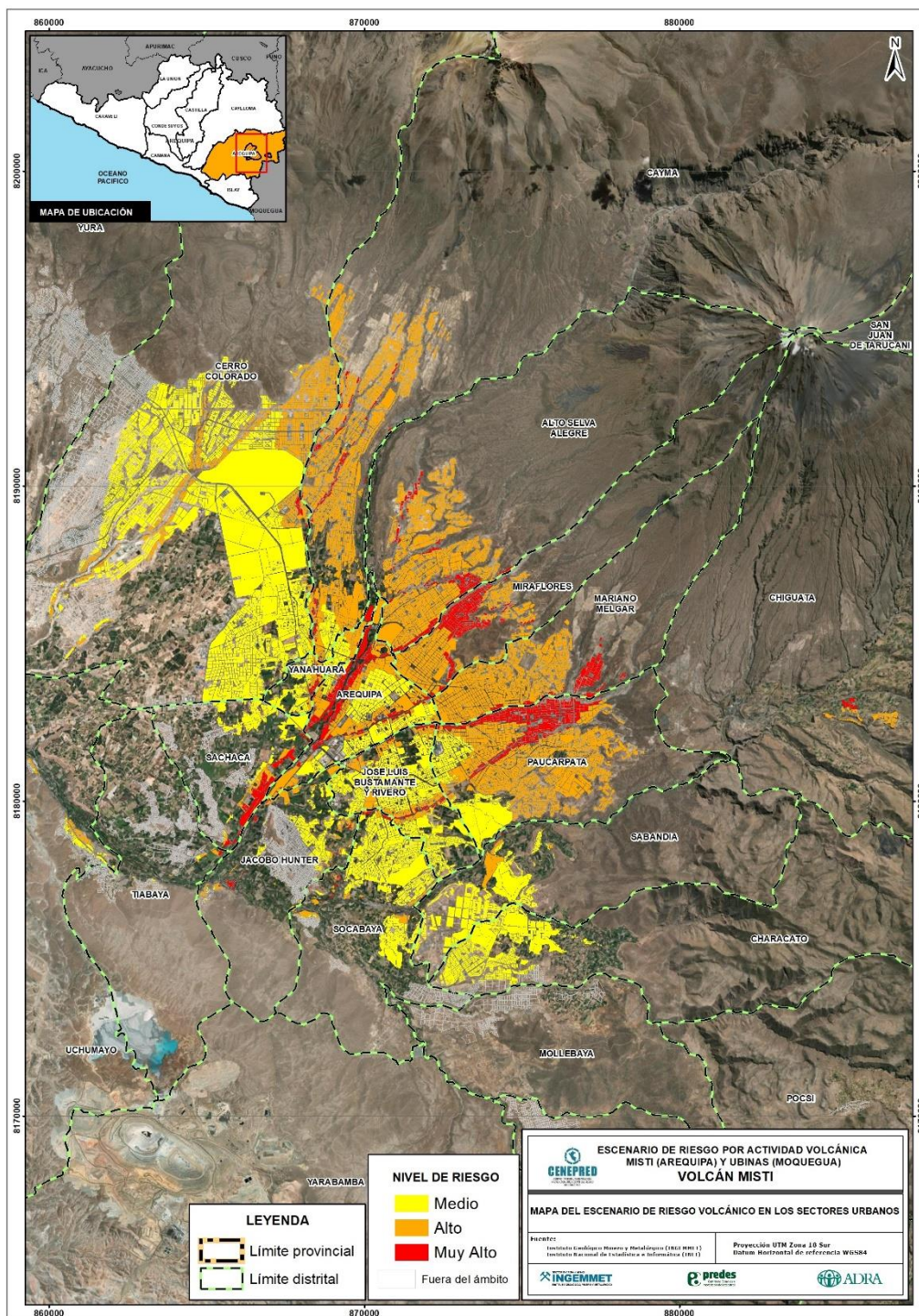
Tabla 11. Misti: Escenario de riesgo volcánico en elementos expuestos: Nivel Alto

Alto						
Distrito	Numero de Manzanas	Población	Numero de Viviendas	EE. Salud	Institución Educativa	Recurso Respuesta
ALTO SELVALEGRE	1,493	71,219	18,245	6	14	0
CAYMA	1,739	81,447	21,560	15	127	3
CHIGUATA	86	1,079	340	1	4	0
MARIANO MELGAR	1,160	55,600	14,674	6	74	3
MIRAFLORES	487	38,526	9,723	5	62	3
PAUCARPATA	1,699	80,825	18,926	16	72	4
TOTAL	6,664	328,696	83,468	49	353	13

Fuente: Elaborado por el CENEPRED con datos del INEI (2017).



Figura 17. Mapa del escenario de riesgo volcánico en los sectores urbanos: Misti



Fuente: Elaborado por el CENEPRED con datos del INEI (2017).

3.5.1.2 Sectores agrarios

De acuerdo con la metodología descrita, los sectores agropecuarios fueron analizados por quintiles y estos fueron ponderados según la opinión de expertos para obtener el mapa de identificación de los elementos expuestos (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.**); posteriormente, este resultado se superpuso con el mapa de peligros múltiples (Figura 8) y finalmente, se obtuvo el mapa de riesgo por peligros múltiples: sectores agropecuarios (Figura 18, Tabla 12 a la Tabla 15).



Tabla 12. Misti: Escenario de riesgo en sectores agropecuarios, Distrito Alto Selva Alegre

NIVEL DE RIESGO	SECTOR AGRÍCOLA	SECTOR PECUARIO				
	Areas Agricolas (Ha)	N° Vacunos	N° Ovinos	N° Porcino	N° Alpacas	N. Colmenas de Abeja
Muy Alto	0.00	0	0	0	0	0
Alto	57.50	47	56	2,117	0	0
Medio	0.00	0	0	0	0	0
Bajo	0.00	0	0	0	0	0
Total	57.50	47	56	2,117	0	0

Tabla 13. Misti: Escenario de riesgo volcánico en sectores agropecuarios, Distrito Cayma

NIVEL DE RIESGO	SECTOR AGRÍCOLA	SECTOR PECUARIO				
	Areas Agricolas (Ha)	N° Vacunos	N° Ovinos	N° Porcino	N° Alpacas	N. Colmenas de Abeja
Muy Alto	0.00	0	0	0	0	0
Alto	111.07	493	410	6	0	45
Medio	301.48	493	437	16	1	0
Bajo	3.06	11	0	0	0	0
Total	415.61	997	847	22	1	45

Tabla 14. Misti: Escenario de riesgo volcánico en sectores agropecuarios, Distrito Chiguata

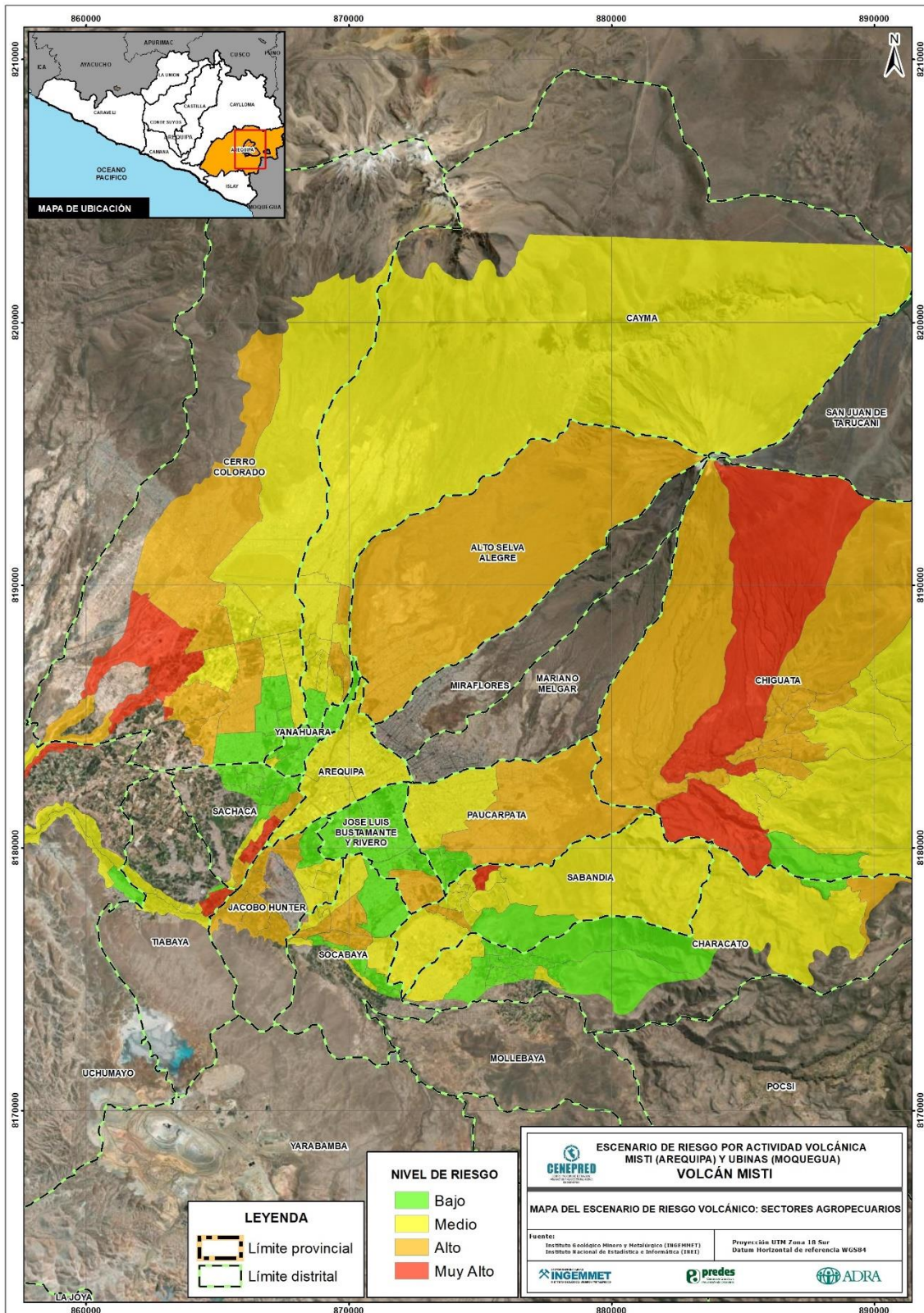
NIVEL DE RIESGO	SECTOR AGRÍCOLA	SECTOR PECUARIO				
	Areas Agricolas (Ha)	N° Vacunos	N° Ovinos	N° Porcino	N° Alpacas	N. Colmenas de Abeja
Muy Alto	659.15	1,474	3,763	11	12	16
Alto	603.38	511	1,609	27	14	88
Medio	271.07	186	589	6	8	30
Bajo	75.34	61	121	9	3	0
Total	1,608.93	2,232	6,082	53	37	134

Tabla 15. Misti: Escenario de riesgo volcánico en sectores agropecuarios, Distrito Paucarpata

NIVEL DE RIESGO	SECTOR AGRÍCOLA	SECTOR PECUARIO				
	Areas Agricolas (Ha)	N° Vacunos	N° Ovinos	N° Porcino	N° Alpacas	N. Colmenas de Abeja
Muy Alto	0.00	0	0	0	0	0
Alto	37.55	156	71	2,725	3	0
Medio	46.18	67	72	0	0	0
Bajo	140.61	119	239	4	2	8
Total	224.34	342	382	2,729	5	8



Figura 18. Mapa del escenario de riesgo volcánico: sectores agropecuarios: Misti



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



3.5.1.3 Identificación de probables impactos

La caracterización de los impactos para los ámbitos con nivel de riesgo Muy Alto y Alto se determina de la siguiente manera: Con respecto a la **caída de piroclastos y proyectiles balísticos**, estas partículas pueden causar problemas de salud en las personas, contaminar fuentes de agua, colapsar los techos por el peso acumulado, afectar cultivos, interrumpir el tráfico aéreo, entre otros.

Los **flujos de lava** son corrientes de roca fundida expulsadas por el cráter o fracturas en los flancos del volcán. Pueden fluir por el fondo de los valles y alcanzar varios kilómetros de distancia, pero raramente llegan a más de 8 km del centro de emisión. Los flujos de lava calcinan y destruyen todo a su paso, sin embargo, no representan un alto peligro para las personas debido a su baja velocidad.

Las **avalanchas de escombros** son deslizamientos súbitos de una parte importante de los edificios volcánicos, ocurren con poca frecuencia, pueden alcanzar decenas de kilómetros de distancia y se desplazan a gran velocidad. Estas entierran y destruyen todo lo que encuentran a su paso. Adicionalmente, pueden generar lahares y crecientes a partir del desagüe de agua represada por la avalancha.

Durante las erupciones volcánicas, se produce una importante liberación de **gases**, principalmente vapor de agua; pero también dióxido de carbono, dióxido de azufre, ácido clorhídrico, monóxido de carbono, ácido fluorhídrico, azufre, nitrógeno, cloro y flúor. Los gases también pueden formar compuestos químicos que se adhieren a las partículas de ceniza, así como reaccionar con las gotas de agua y provocar lluvias ácidas que generan corrosión, daños en los cultivos, así como contaminación de aguas y suelos. Frecuentemente, los efectos nocivos están restringidos a un radio menor de 10 km.

Los distritos de mayor riesgo, debido a que se encuentran asentados en zonas de riesgo alto (Figura 17), son Alto Selva Alegre, Miraflores, Paucarpata, Mariano Melgar, Cayma y Chiguata, así como los ubicados en la cuenca del río Chili, como Yanahuara, Cercado, Hunter, Uchumayo, Tiabaya y Sachaca.

La ciudad de Arequipa cuenta con un aeropuerto internacional, con 4 autopistas de acceso, represas, hidroeléctricas, cuarteles, bases aéreas, entre otros. Gran parte de esta infraestructura se encuentra en riesgo. A continuación, se presenta una breve descripción de la infraestructura más importante en riesgo:

- El Sistema Hídrico del río Chili está conformado por las represas El Pañe, Los Españoles, Pillones, El Fraile, Banputañe, Challuanca y Aguada Blanca, que en total poseen una capacidad de almacenamiento de cerca de 400 millones de metros cúbicos (Jiménez et al., 2010). Este sistema abastece de agua para el consumo poblacional de Arequipa. De acuerdo con SEDAPAR, durante el año 2007, el consumo fue de 2.115 m³/s y en el 2010 fue de 3.280 m³/s. Por su parte, las centrales hidroeléctricas de Charcani I, II, III, IV y V, para operar al 100% de su capacidad hidroeléctrica instalada necesitan 24 m³/s de agua de la cuenca del río Chili (INGEMMET, 2016).
- La planta de tratamiento de agua potable de La Tomilla, ubicada en la cuenca media del río Chili, abastece a más de 80% de la población de Arequipa (INGEMMET, 2016).
- Las centrales hidroeléctricas del río Chili (Charcani I, II, III, IV, V) generan cerca de 172 MW (Jiménez et al., 2010); se encuentran en el cañón del río Chili, en el flanco NO del volcán Misti. La hidroeléctrica Charcani V es uno de los pocos proyectos construidos en el mundo al pie de un volcán activo (INGEMMET, 2016).
- En la cuenca media del río Chili se tienen 8 puentes que conectan los sectores SE y NO de la ciudad. También en ambos márgenes se tienen universidades (Universidad Católica San Pablo), el Club Internacional de Arequipa, así como urbanizaciones y nuevos proyectos de vivienda (INGEMMET, 2016).
- La mina de cobre Cerro Verde, una de las más importantes del país, se abastece de agua de la cuenca del río Chili para sus operaciones. Se estima que utiliza cerca de 1160 l/s de agua (INGEMMET, 2016).
- También pueden ser afectados el aeropuerto de Arequipa, el sistema de transporte terrestre, las fábricas y las áreas de cultivo (INGEMMET, 2016).



3.5.2 Escenario de riesgo por emplazamiento de flujos de barro o lahares

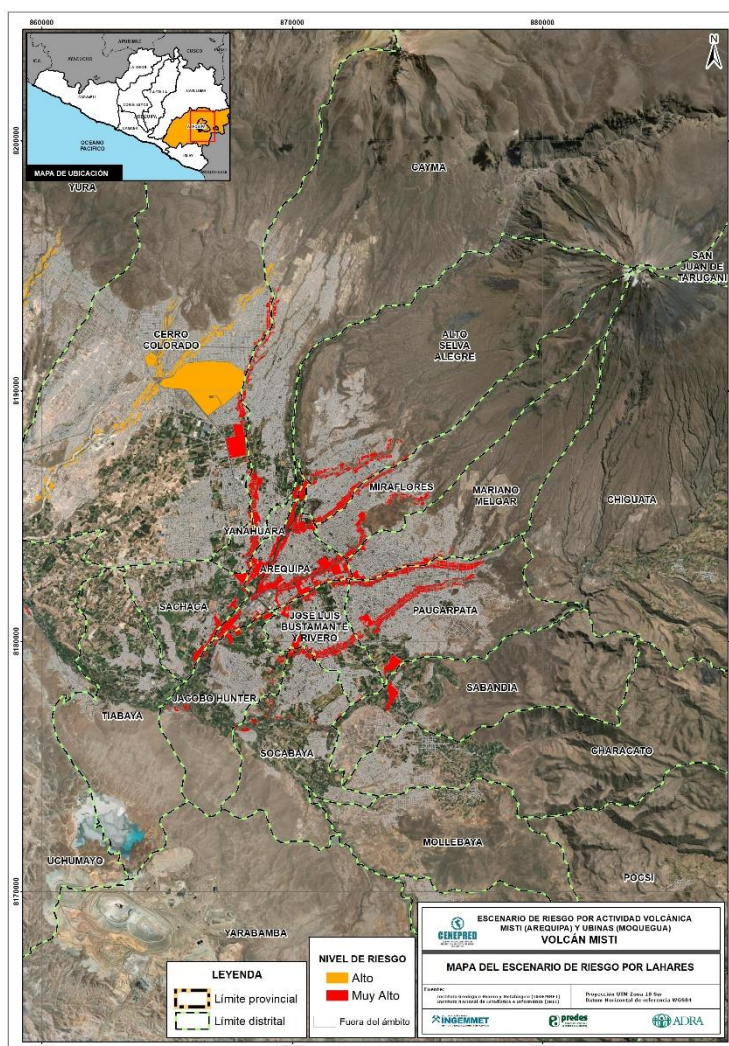
3.5.2.1 Sectores urbanos

El presente mapa de riesgo se obtuvo por exposición, al superponer la base de manzanas censales del 2017, con los datos de población y vivienda generados por el INEI, con la capa del mapa de peligro por emplazamiento de flujos de barro o lahares (Figura 9). Además, también se consideraron infraestructura crítica, tales como establecimientos de salud, instituciones educativas y recursos de respuesta (Figura 19). El resultado obtenido, fue el siguiente con respecto a población: 65,587 personas distribuidas en 872 manzanas con nivel de riesgo Muy Alto (Tabla 16).

Tabla 16. Escenario de riesgo por lahares en elementos expuestos: Nivel Muy Alto

Muy Alto						
Distrito	Numero de Manzanas	Población	Numero de Viviendas	Establecimientos de Salud	Institución Educativa	Recurso Respuesta
ALTO SELVALEGRE	218	16,530	3,933	2	13	0
CAYMA	105	6,522	1,764	3	3	0
CHIGUATA	23	635	173	0	0	0
MARIANO MELGAR	94	7,012	1,703	0	4	0
MIRAFLORES	126	9,416	2,577	2	3	0
PAUCARPATA	306	25,472	5,493	0	15	0
TOTAL	872	65,587	15,643	7	38	0

Figura 19. Mapa del escenario de riesgo por lahares





3.5.2.2 Identificación de probables impactos

La caracterización de los impactos para los ámbitos con nivel de riesgo Muy Alto y Alto se determina de la siguiente manera: Los lahares viajan a lo largo de quebradas o ríos y eventualmente pueden salir de estos cauces en los abanicos de inundación. El área afectada depende del volumen de agua y de materiales sueltos disponibles, así como de la pendiente y topografía. Normalmente destruyen todo a su paso, pueden alcanzar grandes distancias (>200 km) e incluso generar inundaciones cerca al cauce de ríos.

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 Pastores
- Quebrada San Lázaro
- Quebrada Chical
- Quebrada Huarangal
- Quebrada Paucarpata
- Quebrada Agua Salada
- Quebrada Peña Colorada
- Río Chili
- Río Andamay

Posibles zonas afectadas:

Los distritos de: Alto Selva Alegre, Cerro Colorado, Miraflores, Mariano Melgar, Paucarpata, Yanahuara, Cayma, Jacobo Hunter, Socabaya, Sachaca, Tiabaya, Uchumayo, José Luis Bustamante y Rivero.



3.5.3 Escenario de riesgo por caída de ceniza

3.5.3.1 Para una erupción de magnitud baja (IEV 2)

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 peligros por caída de ceniza para una erupción de magnitud baja (IEV 2) (Figura 11), obteniéndose el siguiente resultado: con nivel de riesgo Muy Alto, los distritos fueron Chiguata, Mariano Melgar, Miraflores, Alto Selva Alegre; mientras que, con riesgo Alto lo obtuvieron los distritos colindantes, tales como Paucarpata, Cayma y demás que conforman la ciudad de Arequipa.

3.5.3.1.1 Identificación de probables impactos

La caracterización de los impactos para los ámbitos con nivel de riesgo Muy Alto y Alto, se determina de la siguiente manera: En este escenario, no se consideró el emplazamiento de flujos piroclásticos, debido a que en erupciones similares recientes de volcanes peruanos no se han observado formaciones de estos. También es frecuente la formación de lahares en erupciones vulcanianas (IEV 2), sobre todo cuando la tefra es emplazada sobre un casquete glaciar o en épocas de fuertes precipitaciones. En la cuenca media del río Chili, entre Chilina y el centro histórico de Arequipa, se identificaron terrazas conformadas por depósitos hiperconcentrados, depósitos de flujos de escombros y depósitos aluviales, emplazados entre el Holoceno superior y época histórica.

Asimismo, en las quebradas San Lázaro, Pastores, Huarangal, El Chica y Agua Salada, que descienden por los flancos sur y SO del volcán Misti, se han identificado depósitos de lahar que sobre yacen al lahar asociado a la erupción de hace 2050 años. Motivo por el cual, de generarse una erupción de tipo IEV 2, los ámbitos impactados podrían ser los mismo a los descritos en este subcapítulo.

3.5.3.2 Para una erupción de magnitud moderada o grande (IEV 3-6)

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 peligros por caída de ceniza para una erupción de magnitud moderada o grande (IEV 3-6) (Figura 13), obteniéndose el siguiente resultado: con nivel de riesgo Muy Alto, los distritos fueron Chiguata, Paucarpata, Mariano Melgar, Miraflores, Alto Selva Alegre, Cayma, Cerro Colorado, Yanahuara, Arequipa y José Luis Bustamante y Rivero; mientras que, con riesgo Alto lo obtuvieron los distritos colindantes que conforman la ciudad de Arequipa.

3.5.3.2.1 Identificación de probables impactos

La caracterización de los impactos para los ámbitos con nivel de riesgo Muy Alto y Alto, se determina de la siguiente manera: Este escenario ha sido construido en base a la erupción del volcán Misti de hace 2050 años y la erupción que emplazó el depósito de caída Autopista. Este evento emplazó depósitos de caída de piroclastos en toda el área de Arequipa y ha podido ser identificado a más de 25 km al SO del cráter. Esta erupción también generó flujos piroclásticos de pómez y ceniza canalizados en las quebradas. Los flujos alcanzaron hasta 13 km de distancia del cráter, en dirección sur y SO, poseen hasta 30 m de espesor a 6 km del cráter, y entre 4 y 6 m de espesor a 11 km del cráter.

Este escenario también se elaboró en base a la erupción que emplazó el depósito de caída Autopista, del volcán Misti. Este depósito fue emplazado en dirección oeste del volcán Misti. Se estima que tuvo un volumen mayor a 0.6 km³; la altura de la columna eruptiva alcanzó entre 22 y 25 km y la erupción tuvo un IEV 4.

Por otro lado, el volcán Misti ha presentado varias erupciones de tipo pliniano con IEV comprendido entre 5 y 6. La quebrada Pastores, a 10 km al SO del cráter, posee 2 m de espesor; la zona de Chiguata, aproximadamente a 11.5 km al sur del volcán Misti, posee alrededor de 1.40 m de espesor. En la base de ambos depósitos se han encontrado depósitos de oleada piroclástica de algunos decímetros de espesor.

Otro depósito rico en pómez de hace 40 ka, aflora en la margen derecha del río Chili, cerca al santuario de Chapi, a 14 km al oeste del cráter, y posee casi 15 m de espesor. Las erupciones plinianas también pueden



generar lahares de gran volumen, sobre todo si las caídas, flujos y oleadas piroclásticas sobrecorren un casquete glaciar. Motivo por el cual, de generarse una erupción de tipo IEV 3-4 y 5-6, los ámbitos impactados podrían ser los mismo a los descritos en este subcapítulo.

3.6 Conclusiones

De acuerdo con el ámbito de estudio definido (Alto Selva Alegre, Cayma, Chiguata, Mariano Melgar, Miraflores y Paucarpata; todos localizados la provincia de Arequipa), los resultados del escenario de riesgo volcánico indica que, el 18% (77,440) de la población total cuenta con un nivel de riesgo Muy Alto, el 76.2% (328,696) con nivel Alto y el 5.8% (25,009) con nivel medio.

Mientras que, el resultado de riesgo volcánico para los sectores agropecuarios indica lo siguiente: De las áreas agrícolas, el 28.6% (659.15 Ha) de estas, cuenta con un nivel de riesgo Muy Alto y el 35.1% (809.50 Ha) con riesgo Alto; el 40.7% (1,474) del número de ganado vacuno se encuentra con nivel Muy Alto y el 33.4% (1,207) con Alto; el 51.1% (3,763) del ganado ovino con riesgo Muy Alto y el 29.1% (2,146) con riesgo Alto; el 0.2% (11) del total de porcinos obtuvo el nivel Muy Alto y el 99.1% (4,875) el Alto; el 27.9% (12) del número de alpacas se encuentra con riesgo Muy Alto y el 39.5% (17) con riesgo Alto y; el 8.6% (16) del número de colmenas de abejas cuenta con riesgo Muy Alto y el 71.1% (133) con riesgo Alto.

Con respecto al resultado del escenario de riesgo por lahares, en el entorno urbano el resultado indico lo siguiente: El 100% de la población con nivel de riesgo Muy Alto representan 65,587 personas; siendo el distrito de Paucarpata el que concentra mayor cantidad de personas con 25,472; seguido por Alto Selva Alegre con 16,530; Miraflores con 9,416; Mariano Melgar con 7,012; Cayma con 6,522 y Chiguata con 635 personas.

Mientras que, el resultado de riesgo volcánico por flujo lahares para los sectores agropecuarios indica lo siguiente: De las áreas agrícolas, el 15.2% (178.88 Ha) de estas, cuenta con un nivel de riesgo Muy Alto y el 29.7% (349.77 Ha) con riesgo Alto; el 24% (401) del número de ganado vacuno se encuentra con nivel Muy Alto y el 33.8% (564) con Alto; el 20.5% (546) del ganado ovino con riesgo Muy Alto y el 39% (1,039) con riesgo Alto; el 0.1% (5) del total de porcinos obtuvo el nivel Muy Alto y el 99.5% (4,851) el Alto; el 15% (3) del número de alpacas se encuentra con riesgo Muy Alto y el 55% (11) con riesgo Alto y; el 32.9% (49) del número de colmenas de abejas cuenta con riesgo Muy Alto y el 41.6% (62) 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 | 36

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



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

www.cenepred.gob.pe

 CENEPRED

 @CENEPRED

 CENEPRED

 CENEPRED PERU

 CENEPRED PERU