



PERÚ

Ministerio  
de Energía y Minas

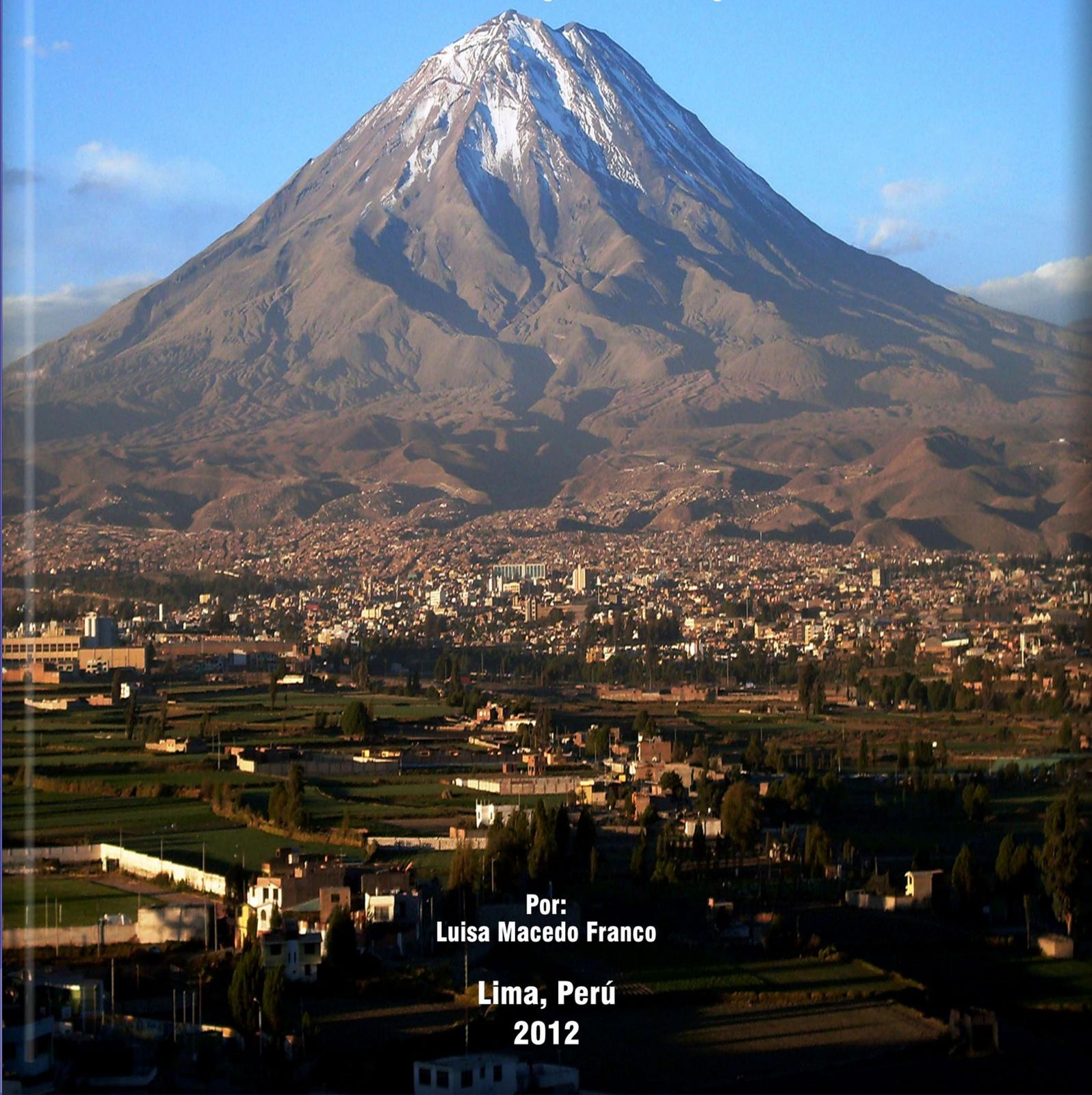
Instituto Geológico Minero  
y Metalúrgico - INGEMMET

**INGEMMET**

# Preparación ante Emergencias de Origen Volcánico

Una Guía para la Reducción del Riesgo Volcánico en Perú

Boletín N° 49 Serie C  
Geodinámica e Ingeniería Geológica



Por:  
**Luisa Macedo Franco**

**Lima, Perú  
2012**



PERÚ

Ministerio  
de Energía y Minas

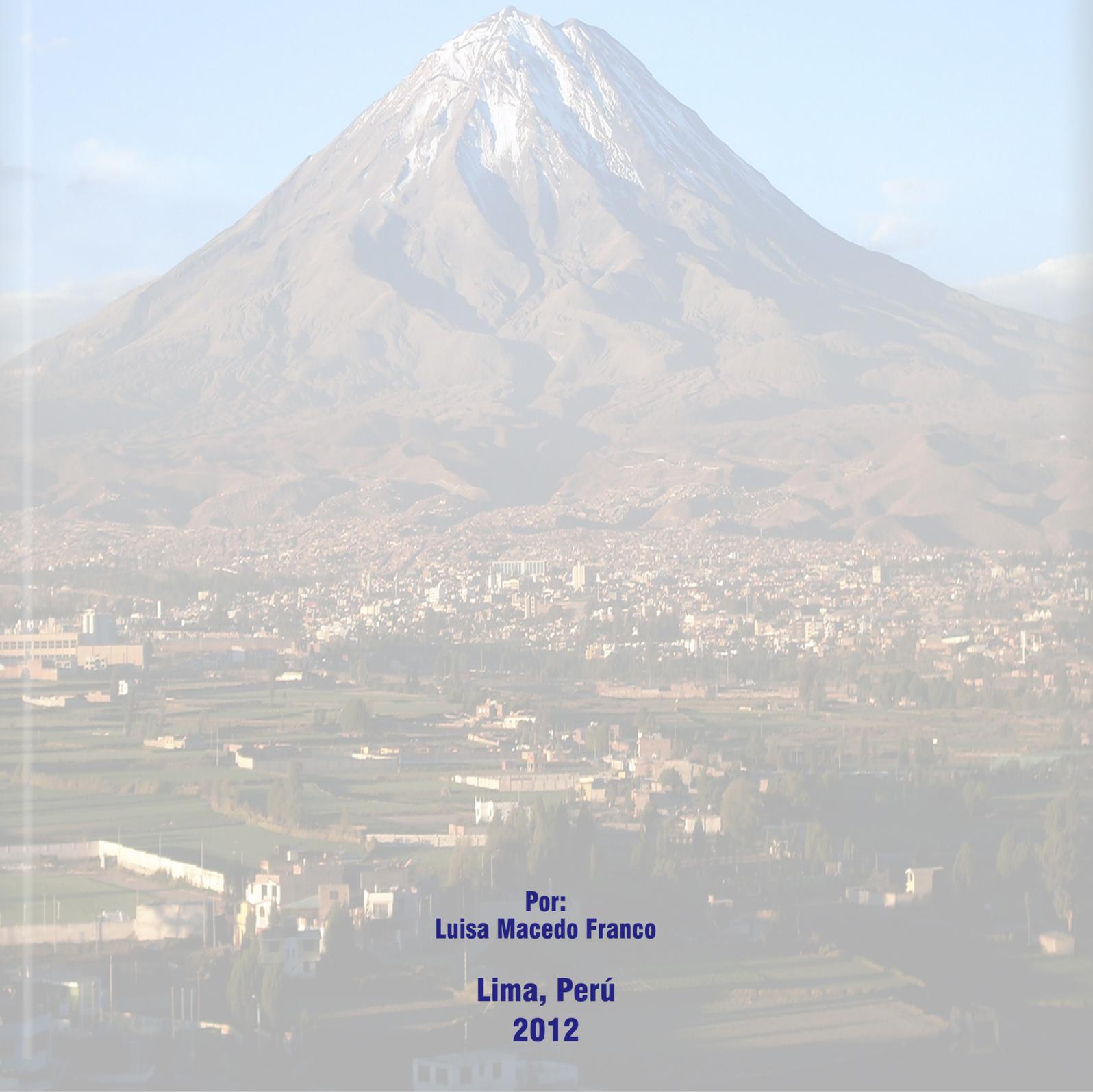
Instituto Geológico Minero  
y Metalúrgico - INGEMMET

**INGEMMET**

# Preparación ante Emergencias de Origen Volcánico

**Una Guía para la Reducción del Riesgo Volcánico en Perú**

**Boletín N° 49 Serie C  
Geodinámica e Ingeniería Geológica**



**Por:  
Luisa Macedo Franco**

**Lima, Perú  
2012**

SERIE C: GEODINÁMICA E INGENIERÍA GEOLÓGICA,  
N° 49, 2012

Hecho el Depósito Legal en la Biblioteca Nacional del Perú  
N° 2012-08778  
Razón Social: Instituto Geológico Minero y Metalúrgico  
(INGEMMET)  
Domicilio: Av. Canadá N° 1470, San Borja, Lima-Perú  
Primera Edición, INGEMMET 2012  
Se terminó de imprimir el 07 de agosto del año 2012 en los  
talleres de INGEMMET.

© **INGEMMET**

Derechos Reservados. Prohibida su reproducción

Presidente del Consejo Directivo: Susana Vilca  
Secretario General: Wens Silvestre

Comité Editor: Susana Vilca, Lionel Fidel, Víctor Carlotto,  
Humberto Chirif, Giovanna Alfaro

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

Unidad encargada de edición: Unidad de Relaciones  
Institucionales.

Corrección Geocientífica: Silvia Ramos, Pablo Samaniego,  
Marco Rivera.

Corrección gramatical y de estilo: Juan Enrique Quiroz  
Diagramación: Zoila Solis.

Portada: Volcán Misti

#### **Referencia bibliográfica**

Macedo, L. (2012) - Preparación ante emergencias de origen volcánico: una guía para la reducción del riesgo volcánico en el Perú. *INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 49, 125 p.

## Contenido

PRÓLOGO .....	1
RESUMEN .....	3
<b>CAPÍTULO I</b>	
CONOCIMIENTOS GENERALES .....	5
<b>CAPÍTULO II</b>	
RIESGOS VOLCÁNICOS .....	31
<b>CAPÍTULO III</b>	
PROTECCIÓN ANTE ERUPCIONES VOLCÁNICAS .....	47
<b>CAPÍTULO IV</b>	
PREVENCIÓN ANTE ERUPCIONES VOLCÁNICAS .....	67
<b>CAPÍTULO V</b>	
ORIENTACIONES PEDAGÓGICAS .....	103
<b>CAPÍTULO VI</b>	
APOYO PSICOLÓGICO EN CRISIS VOLCÁNICAS .....	111
BIBLIOGRAFÍA .....	119
BREVE GLOSARIO .....	121



## PRÓLOGO

Durante el siglo XX, dos ciudades fueron devastadas por erupciones volcánicas: Saint Pierre, en Martinica, el 8 de mayo de 1902 (con un saldo de 29 000 víctimas), y Armero, en Colombia, el 13 de noviembre de 1985 (con 23 000 víctimas). Estas catástrofes demuestran que a pesar del progreso de la ciencia y de las actividades de prevención, tales como el monitoreo de los volcanes activos, la gestión de las amenazas volcánicas y la investigación sobre la vulnerabilidad de la población expuesta a las amenazas volcánicas, falta mucho por hacer. Además, es importante resaltar la importancia del sistema de prevención, la planificación urbana, la comunicación entre los científicos, la población expuesta y las autoridades civiles; ello con el fin de evitar una catástrofe en el caso de una erupción volcánica.

En el Perú, la crisis eruptiva del volcán Ubinas en 2006 fue manejada de manera adecuada gracias a una buena toma de decisiones de las autoridades, bajo el asesoramiento de instituciones geocientíficas como el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), y a un número reducido de la población involucrada.

En el caso de la ciudad de Arequipa, el segundo centro económico y turístico del país, que alberga más de 850 000 personas, una crisis eruptiva del Misti significaría un reto inmenso para el Gobierno regional, la municipalidad, Defensa Civil, los científicos encargados del estudio y del monitoreo del volcán, así como para todos los arequipeños.

El Misti es un volcán activo y peligroso. Su última erupción ocurrió durante el siglo XV (entre 1440 y 1470), durante el período incaico. La ceniza que cayó sobre la población alcanza hoy en día 5 cm de espesor en el casco urbano actual. Esta erupción provocó una crisis lo suficientemente importante como para que el inca Pachacútec destacara a su mujer, la coya Ipabaco, a la zona para aliviar las dificultades encontradas por la población (Chávez Chávez, 1992). Una erupción de mayor magnitud ocurrió alrededor de 2000 años atrás, la cual podría volver a ocurrir.

La caída de piedra pómez alcanza todavía más de 40 cm de espesor sobre el casco urbano actual de Arequipa, y los flujos piroclásticos (gases y cenizas calientes que bajan por las torrenteras

del volcán a gran velocidad) alcanzaron al menos 13 km de distancia.

Si una erupción de gran magnitud ocurriera ahora, los efectos sobre las ciudades de Arequipa y Chiguata serían catastróficos; incluso una pequeña erupción similar a la del siglo XV produciría diversos daños como enfermedades respiratorias, obstrucción del transporte terrestre y del aeropuerto internacional, contaminación del agua, entre otros.

Por consiguiente, es preciso definir las amenazas del volcán Misti a la luz de los eventos pasados y –sobre todo– promover una adecuada preparación ante emergencias de origen volcánico. Este es el trabajo que el equipo de vulcanología del INGEMMET viene realizando en Arequipa desde 2005 con el apoyo de vulcanólogos extranjeros.

La Ing. Luisa Macedo es una destacada científica del equipo de Vulcanología del INGEMMET, encargada de dirigir la difusión de la información geocientífica acerca de las amenazas y efectos de las erupciones volcánicas a las autoridades y la población en general de la región Arequipa. La citada profesional ha desarrollado un proyecto de educación, difusión y concientización en varios barrios de la ciudad de Arequipa con el apoyo de Defensa Civil, la Municipalidad Provincial de Arequipa, la Municipalidad de Alto Selva Alegre y el Gobierno regional.

En este libro, la Ing. Macedo explica conceptos generales acerca de los volcanes y los riesgos volcánicos asociados; asimismo, propone una serie de medidas de protección ante erupciones volcánicas, que representarán una contribución para que la población esté adecuadamente preparada ante emergencias de este tipo.

Adicionalmente, tomando como ejemplo erupciones y crisis volcánicas del mundo, se presentan los avances logrados en estos últimos 5 años por el equipo de Vulcanología del INGEMMET en términos de prevención y apoyo a la gestión del riesgo volcánico en la región Arequipa. Uno de ellos es el primer simulacro de evacuación a nivel regional en caso de erupción del Misti, llevado a cabo en mayo de 2009. Antes de este simulacro, muy pocos

ejercicios de evacuación a gran escala fueron realizados con éxito en los países volcánicos del mundo.

En suma, este libro –sin duda– ayudará a entender mejor los peligros volcánicos y contribuirá con el manejo de crisis volcánicas,

por ello, debe ser considerado como indispensable para las autoridades y la población de Arequipa.

Jean-Claude Thouret

## RESUMEN

Desde su formación, nuestro planeta ha sufrido diversos cambios dentro de su comportamiento normal. Los fenómenos de origen natural han estado siempre presentes, como la ocurrencia de terremotos, erupciones volcánicas, precipitaciones pluviales, sequías, entre otros.

De otro lado, la mala aplicación de modelos de desarrollo y el crecimiento desordenado, aunados a otros factores, han configurado la vulnerabilidad como parte de un proceso social, convirtiendo a los fenómenos naturales en amenazas potenciales. Este binomio de amenaza y vulnerabilidad trae como resultado el riesgo de desastre.

Por lo general erróneamente nos referimos a un desastre como «natural», pero es importante entender que los desastres son el resultado final de una serie de condiciones sociales, económicas, políticas y culturales pre-existentes, que hacen que determinados eventos físicos pueden concretarse en condiciones de desastre.

Por ejemplo, mucha gente que vive cerca de un volcán, lo relaciona a un paisaje hermoso y piensa que no va a cambiar. Sin embargo,

cuando el volcán entra en actividad eruptiva, la población cree que el volcán es quien ha destruido su vivienda, su centro de trabajo, su vida, etc. Pero no se ponen a pensar que el volcán estuvo antes de que ellos habitaran la zona, que ellos son los que están viviendo en lugares que no deben y que el volcán solo se comportó de manera natural.

Por tales consideraciones, este boletín pretende contribuir a la mitigación de los peligros volcánicos en el Perú, educando de manera sencilla sobre la formación de los volcanes, los peligros volcánicos y qué es lo que debemos hacer ante una erupción volcánica, sin olvidarnos que somos humanos con sentimientos y que el apoyo psicológico en épocas de crisis es importante para la recuperación emocional del individuo y de la comunidad.

Consideramos a los educadores como la base fundamental de los procesos y componentes de la gestión de riesgos, pues estamos convencidos que mientras más conozcamos al peligro, tendremos más opciones de enfrentarlo y poder así generar comportamientos y actitudes que nos ayuden a consolidar un trabajo permanente en la reducción del riesgo desde la niñez.



# CAPÍTULO I

## CONOCIMIENTOS GENERALES

### INTRODUCCIÓN

Los **volcanes** son uno de los elementos geológicos más interesantes y curiosos del planeta, estos suelen llamar mucho la atención por su belleza paisajística, la cual incrementa el turismo, o por temor a lo que pueda ocasionar, etc. Sin embargo, ¿qué es lo que sabemos en realidad de lo que significa vivir cerca de un volcán activo? Es importante valorar esta pregunta. Debemos saber cuándo fue su última erupción, qué características tuvo (si fue explosiva o efusiva). Debemos saber qué materiales arrojó, qué daños ocasionó a la población (infraestructura, agua, ambiente, entre otros).

A lo largo de la historia, algunos volcanes han tenido efectos devastadores para el hombre y el medio ambiente. Conociendo mejor nuestros volcanes sabremos prepararnos para enfrentar la próxima erupción.

El presente libro pretende dar las pautas necesarias para conocer los volcanes y su comportamiento eruptivo, pasando por casos de erupciones de muchos volcanes del mundo, así como también experiencias peruanas, con la intención de contribuir en la prevención de desastres por erupciones volcánicas, y también a

la toma de conciencia de las autoridades (que son los responsables de la gestión del riesgo) y la población en riesgo.

### DEFINICIÓN DE UN VOLCÁN

En muchos lenguajes, la palabra *volcán* significa literalmente 'montaña que humea'. En castellano, *volcán* proviene del latín *Vulcano*, referido al dios del fuego de la mitología romana, que a su vez deriva del dios Hefesto de la mitología griega. Según la mitología romana, Vulcano era el dios del fuego y los metales. Casado con Venus y padre de Júpiter y Juno, era el creador de armas y armaduras para los héroes.

Un volcán es una formación geológica que consiste en una fisura en la corteza terrestre sobre la que se acumula un cono de materia volcánica. En la cima del cono, hay una chimenea cóncava llamada cráter. El cono se forma por la deposición de materia fundida y sólida que fluye o es expelida a través de la chimenea desde el interior de la Tierra. Se trata de un conducto que establece comunicación directa entre la superficie y los niveles profundos de la corteza terrestre, y que cada cierto tiempo expulsa lava, gases, cenizas y humo provenientes del interior de la Tierra. El estudio de los volcanes y de los fenómenos volcánicos se llama vulcanología.



Foto I-1. Volcán Arenal, en Costa Rica (Foto: OVSICORI).

## NATURALEZA DE LAS ERUPCIONES VOLCÁNICAS

La actividad volcánica suele percibirse como un proceso que produce una estructura pintoresca en forma de cono que hace erupción de forma violenta con cierta periodicidad. En algunos casos, las erupciones pueden ser muy explosivas. Efectivamente las erupciones volcánicas son un proceso, no ocurren de la noche a la mañana.

### ¿Qué determina que un volcán expulse el magma con violencia o con «tranquilidad»?

Los principales factores que influyen son la composición del magma, su temperatura y la cantidad de gases disueltos que contienen. Estos factores afectan, en grados variables, a la movilidad o viscosidad del magma. Cuanto más viscoso es un material, mayor es su resistencia a fluir. La viscosidad de un magma asociado con una erupción explosiva puede ser cinco veces mayor que la del magma expulsado de una manera tranquila.

### Factores que afectan la viscosidad

El efecto de la temperatura sobre la viscosidad es fácil de ver. Exactamente igual a como se vuelve más fluido (menos viscoso), la movilidad de la lava está muy influida por la temperatura. Conforme la lava se enfría y empieza a congelarse, su movilidad disminuye y el flujo acaba por detenerse.

Las lavas son muy variadas en morfología, rasgos superficiales, extensión y volumen, dependiendo fundamentalmente del grado de viscosidad, es decir, del contenido de sílice. En efecto, las lavas basálticas (muy fluidas) pueden alcanzar longitudes de 30 km, espesores menores que 10 m, cubrir cientos de km<sup>2</sup> y tener superficies lisas (tipo pahoehoe) o ásperas (tipo aa). Al contrario, las lavas dacíticas o riolíticas (muy viscosas) no superan los 10 km de longitud, los espesores pueden superar los 100 m, cubren pocos km<sup>2</sup> y sus superficies son de bloques rocosos y filosos de hasta varios metros de diámetro.

### Importancia de los gases disueltos

El contenido gaseoso de un magma afecta también a su movilidad. Los gases disueltos tienden a incrementar la fluidez del magma. Otra consecuencia importante es el hecho de que los gases que escapan proporcionan fuerza suficiente para propulsar la roca fundida desde una chimenea volcánica.

Los volcanes se dilatan antes de una erupción, lo que indica un aumento de la presión de gas directamente debajo, en una cámara magmática poco profunda. Cuando empieza la erupción, el magma cargado de gases se mueve de la cámara magmática y asciende por el conducto volcánico o chimenea. Conforme el magma se aproxima a la superficie, disminuye mucho su presión de

confinamiento. Esta reducción de la presión permite la liberación súbita de los gases disueltos, exactamente igual a la apertura de una botella de gaseosa caliente, que permite que escapen las burbujas gaseosas de dióxido de carbono.

A temperaturas de 1000 °C y presiones próximas a las de la superficie, los gases disueltos se expandirán hasta ocupar centenares de veces su volumen original. Los magmas basálticos, muy fluidos, permiten que los gases en expansión migren hacia arriba y escapen por la chimenea con relativa facilidad. Los gases pueden impulsar la lava incandescente a centenares de metros en el aire, produciendo fuentes de lava. Aunque espectaculares, dichas fuentes son fundamentalmente inocuas y no suelen ir asociadas a episodios explosivos importantes causantes de gran pérdida de vidas y propiedades.

En el otro extremo, los magmas muy viscosos expulsan de manera explosiva chorros de gases calientes cargados de cenizas, que forman nubes verticales con gran fuerza ascensional, las cuales se extienden a miles de metros en la atmósfera. Antes de una erupción explosiva, la parte superior de un cuerpo magmático tiende a enriquecerse de gases disueltos.

Conforme el magma de la parte superior de la chimenea es expulsado, disminuye la presión en la roca fundida situada directamente debajo. Por tanto, en vez de una explosión única, las erupciones volcánicas son realmente una serie de explosiones sucesivas. Lógicamente este proceso debería continuar hasta que la cámara magmática este vacía. Sin embargo, generalmente esto no ocurre.

En resumen, la viscosidad del magma, junto con la cantidad de gases disueltos y la facilidad con la que pueden escapar, determina la naturaleza de una erupción volcánica. Es posible entender así las erupciones volcánicas «tranquilas» de lavas líquidas y calientes de Hawaii (Foto .I-2) y las erupciones explosivas, y a veces catastróficas, de las lavas viscosas de los volcanes del tipo monte Santa Helena (Foto .I-3).

## LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

La actividad volcánica se localiza en determinados lugares del globo terrestre y coinciden con las zonas móviles orogénicas, donde hay profundas fracturas (Fig. I-1). La tectónica de placas engloba y relaciona todos los fenómenos geológicos, por ello, se observa que las zonas volcánicas coinciden con las sísmicas. La actividad volcánica se desarrolla con gran intensidad en las zonas de expansión de la corteza (dorsales oceánicas); en las zonas de comprensión (zonas de subducción), donde se forman las cadenas de montañas recientes; en las fosas oceánicas de los arcos de isla; en las cuencas oceánicas (fallas transformantes y puntos calientes); y en las zonas continentales estables.



Foto I-2. Lavas del volcán Kilauea, en Hawai. (Foto: Ken Rubin).



Foto I-3. Volcán Santa Helena, en Estados Unidos. (Foto: Patricia Gregg).

Jack Smith/AP

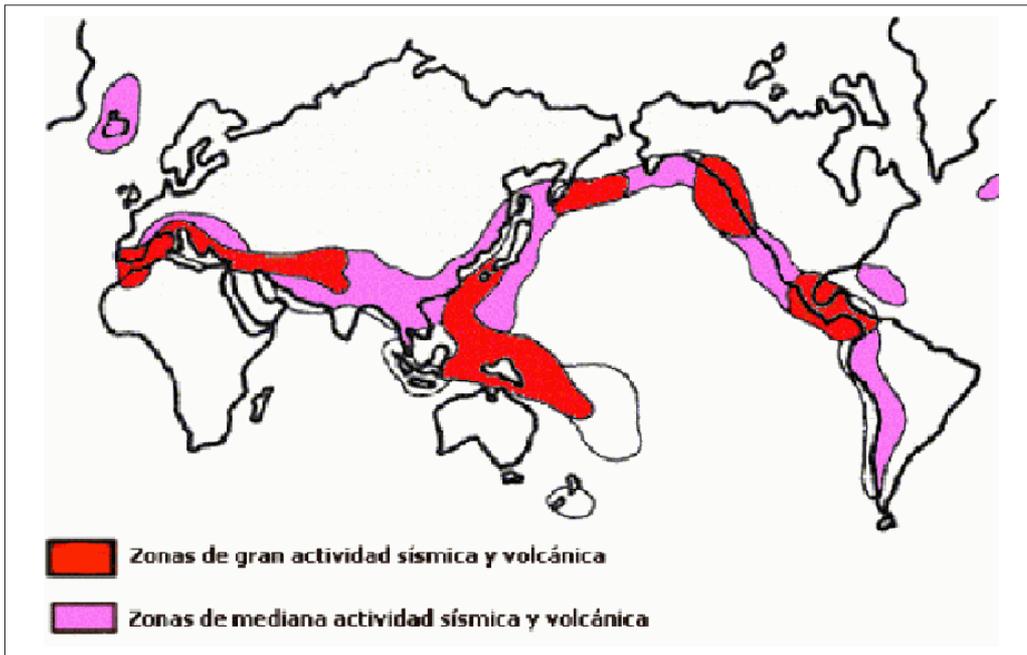


Fig. I- 1. Zonas de actividad sísmica y volcánica (INSIVUMEH).

Existen menos de 500 volcanes activos en el mundo, pero no se pueden determinar con exactitud en la actualidad, ya que hay muchos volcanes inactivos, que pueden entrar en actividad en cualquier momento. Cualquier volcán que haya tenido actividad en el Pleistoceno es potencialmente un volcán activo. Las erupciones ocurridas en el mar suelen pasar desapercibidas.

En las zonas de convergencia (o zonas de choque de dos o más placas tectónicas), entre placas, son los lugares donde la litósfera es subducida y absorbida en el manto (Fig.1-2). Cuando dos placas convergen, el borde frontal de una se dobla hacia abajo, lo

que permite que descienda. La región en la que se produce el descenso de una placa oceánica hacia la astenósfera se denomina zona de subducción.

Cuando el eje de expansión está localizado cerca de la zona de subducción, la litosfera es joven y, por consiguiente, el ángulo de descenso es pequeño como el caso Perú-Chile. Los ángulos bajos suelen estar asociados con un alto acoplamiento entre la placa descendente y la placa superior. Por consiguiente, estas regiones experimentan grandes terremotos y la formación de volcanes.

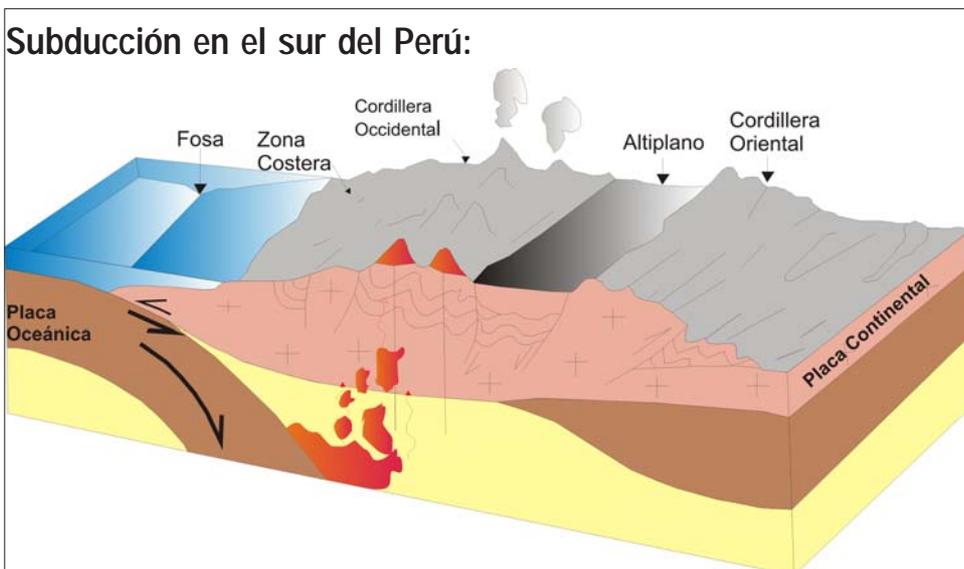


Fig. I-2. Volcanes en zonas convergentes.

### El vulcanismo en el Perú

El arco volcánico del Perú (50 km aproximadamente) está ubicado en el segmento norte de la Zona Volcánica del Centro (ZVC; Fig. I-3). Los catorce volcanes activos están concentrados en la margen occidental de la placa continental sudamericana, la misma que está ligada a procesos de subducción con la placa de Nazca. En esta zona, cabe destacar el vulcanismo explosivo del sur del Perú y norte de Chile, que dio origen a los potentes depósitos de ignimbritas riolitas y riolodacitas (Pierrin, 2006);

En el Perú, 400 edificios volcánicos han sido identificados (Fidel et al., 1997), de los cuales los aparatos volcánicos más antiguos ya

han sido destruidos por la erosión. Sin embargo, otros aún muestran sus rasgos volcánicos. Entre ellos, 7 volcanes activos como son el Misti, el Ubinas, el Sabancaya, el Ticsani, el Yucamani, el Huaynaputina y el Tutupaca. Estos volcanes activos son considerados así porque han presentado actividad eruptiva en tiempos históricos. Actualmente presentan manifestaciones fumarólicas. También se encuentran 7 volcanes potencialmente activos como el Ampato, el Coropuna, el Valle de los Volcanes en Andahua, el Sara Sara, el Chachani y el Tacora.

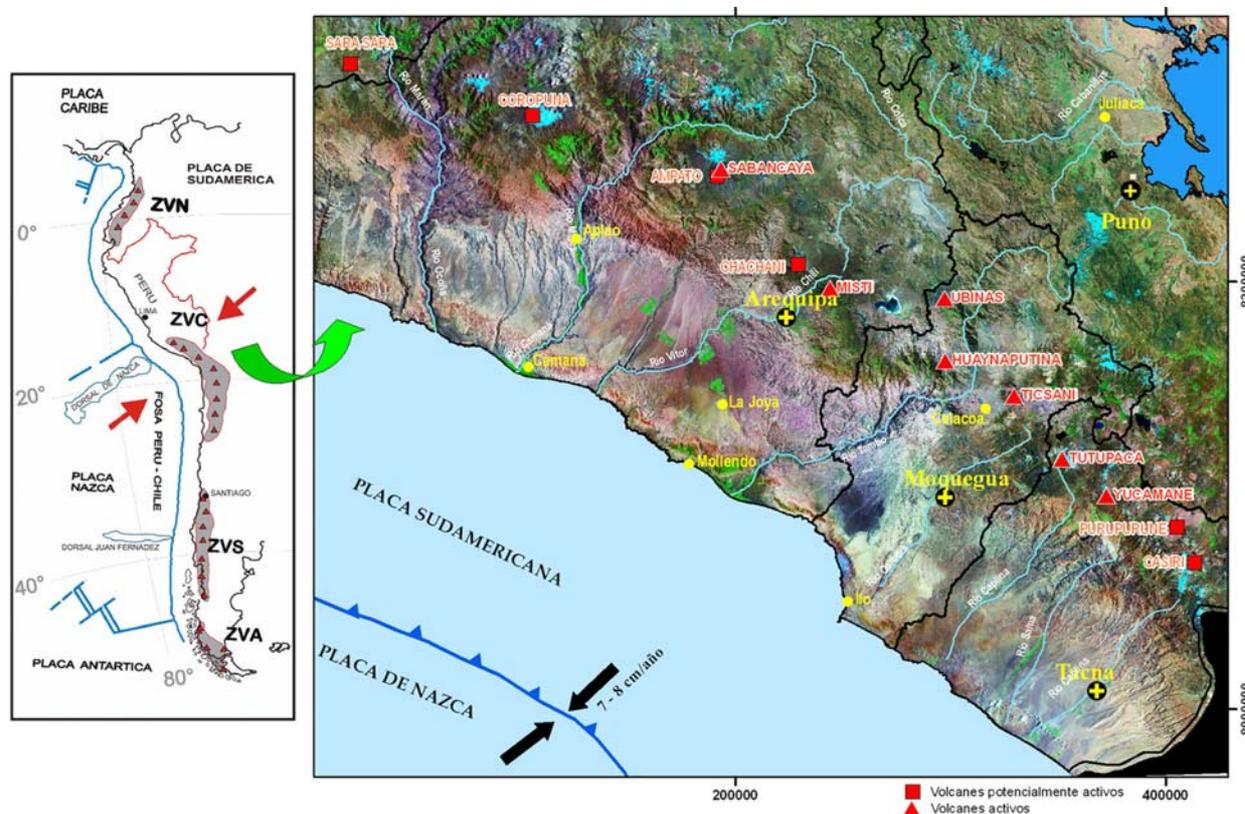


Fig. I-3. Distribución de los arcos volcánicos en la Cordillera de los Andes (De Silva & Francis, 1991). En rojo, los volcanes activos del Perú con actividad magmática (Sévrier & Soler, 1991).

### PARTES DE UN VOLCÁN

Los volcanes son el único punto de contacto que pone en comunicación directa, la superficie con el interior de la Tierra, es decir, es el único medio para observar y estudiar las rocas

magmáticas, que constituyen el 80 % de la corteza terrestre sólida. Para conocer un poco sobre su estructura interna se detalla a continuación las partes principales que tiene un volcán: cámara magmática, chimenea, cráter y cono volcánico (Fig. I-4).

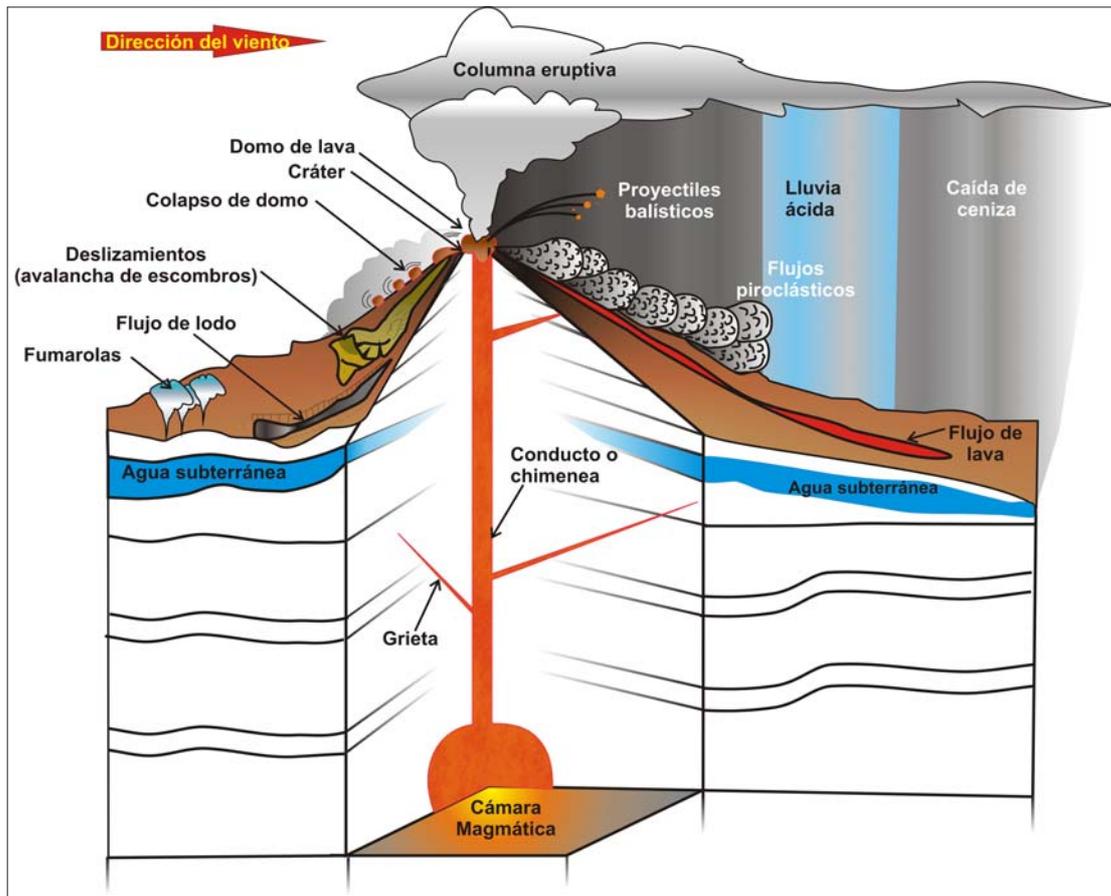


Fig. I-4. Esquema de las partes de un volcán, observándose también procesos y productos volcánicos.

### Cámara magmática

La cámara magmática es el foco o zona de donde procede el material magmático (roca fundida), que posteriormente será arrojado en forma de lava. Se comunica con el cráter a través de la chimenea.

### Chimenea

La chimenea es el conducto por donde asciende el magma hasta llegar al cráter. Durante su ascenso, el magma puede arrancar rocas de las paredes de la chimenea e incorporarlas a la corriente ascendente para luego ser expulsadas a la superficie.

### Cráter

El cráter es el orificio de salida por donde el volcán arroja al exterior los materiales magmáticos durante una erupción (lavas, gases, vapores, cenizas, flujos piroclásticos, entre otros). Suele presentar la forma de un embudo o cono invertido.

### Cono volcánico

El cono volcánico se forma por la acumulación de materiales volcánicos expulsados, que se emplazan alrededor del cráter del

volcán. Dependiendo de la intensidad de las erupciones, el cono volcánico puede crecer considerablemente.

### TIPOS DE ERUPCIONES

Todo volcán muestra un patrón de comportamiento diferente en su erupción. Mientras que unos pueden emitir vapor y gases volcánicos, otros pueden erupcionar de forma explosiva con grandes cantidades de lava.

Las explosiones más violentas tienen lugar cuando el volcán emite enormes columnas de gas, ceniza y escombros a la atmósfera: los flujos piroclásticos. El tipo de erupción volcánica se suele denominar según el nombre de un conocido volcán, cuyas características de comportamiento son similares.

Algunos volcanes pueden mostrar tan solo una de las características de los tipos de erupciones, otros ofrecen todo un abanico de tipos de erupciones. Así tenemos las erupciones tipo hawaiana, estromboliana, vulcaniana, pliniana y peleana (Fig. I-5).



Fig. I-5. Tipos de erupciones volcánicas.

### Erupción tipo hawaiana

Este tipo de erupciones se caracteriza por la emisión de lavas de composición basáltica y con escaso contenido de gases. Estas lavas son poco viscosas, poseen gran movilidad y pueden alcanzar fácilmente decenas de kilómetros de distancia. En este tipo de erupciones, la actividad explosiva es muy rara, pero pueden formarse montículos de escoria alrededor de los centros de emisión. La lava se derrama por el cráter, así como también sale por fisuras ubicadas en los flancos del volcán. Los volcanes Mauna Loa y Kilauea (Foto I-4), en las islas Hawai, son ejemplos característicos de este tipo de erupciones.

### Erupción tipo estromboliana

Este tipo de erupciones presenta pequeñas explosiones. La columna eruptiva alcanza alturas de 1 a 15 km. Se caracterizan por tener explosiones rítmicas, separadas por periodos de menos de un segundo hasta varias horas (Foto I-5). Los materiales emitidos poseen composición básica y están conformados por lapilli escoria, bombas y pocas cantidades de ceniza. Durante las erupciones, se forman conos de escoria y ceniza de poca altura, en promedio de entre 100 y 200 m de alto. Un ejemplo característico es la actividad eruptiva del volcán Stromboli en Italia. En el Perú, tenemos conos de escoria en la zona de Huambo, Andahuay y Orcopampa.

### Erupción tipo vulcaniana

En este tipo de erupciones, la columna eruptiva alcanza alturas de 3 a 20 km. Son erupciones explosivas que emiten ceniza, proyectiles balísticos y eventualmente lapilli pómez. Estas erupciones son más violentas que las estrombolianas, ya que poseen mayor cantidad de gases. Las explosiones se dan en intervalos de minutos a horas, e incluso días. Algunas explosiones destruyen parte del edificio volcánico. Las erupciones de los volcanes Ubinas (Foto I-6) y Sabancaya (Foto I-7), entre los años 1988-1998 y 2006-2009, respectivamente, son ejemplos de este tipo de erupciones.

### Erupción tipo pliniana

Estas erupciones son las más violentas, debido a que el magma es de composición ácida y posee alto contenido de gases. Las columnas eruptivas alcanzan alturas mayores a los 30 km y los materiales emitidos pueden afectar extensas áreas, incluso generar cambios en la temperatura del planeta (Fig. I-6 y I-7). Durante estas erupciones, se generan voluminosas caídas de lapilli pómez y ceniza; asimismo, se emplazan flujos piroclásticos de pómez y cenizas (ignimbritas). Como ejemplos, podemos citar la erupción del volcán Vesubio del año 79 d. C., que sepultó la ciudad de Pompeya, así como la erupción del volcán Huaynaputina (Fig. I-8 y I-9) del año 1600 d. C., que sepultó 15 poblados, mató a más de 1500 personas y afectó gran parte del sur peruano, norte de Chile y el lado occidental de Bolivia.



Foto I-4. Volcán Kilauea, en Hawai. (Foto U. S. Geological Survey).



Foto I-5. Cono de escoria y ceniza en Andahua, Arequipa. (Foto: J. Marino, INGEMMET).

Foto I-6. Columna eruptiva del volcán Ubinas, conformada por gases y ceniza, ocurrido el 14 de Marzo 2009. (Foto: R. Amache, PREDES).





Foto I-7. Volcán Sabancaya emitiendo una columna de ceniza y gases en 1995. (Foto: L. Macedo, INGEMMET).

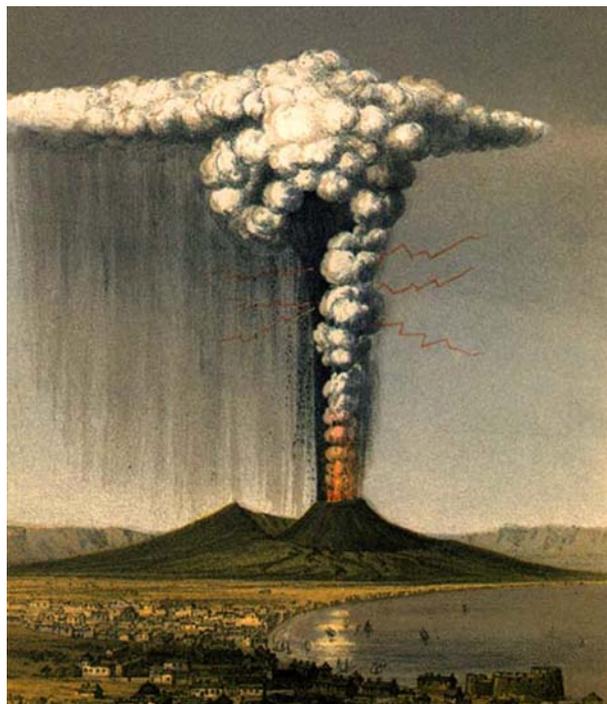


Fig. I-6. Volcán Vesubio, en Italia, año 79 d. C. (pintura de Plinio el Joven).



Foto I-8. Erupción del volcán Monte Santa Elena, con una columna de ceniza, fragmentos líticos y gases, 18 de Mayo de 1980 (Foto: R. Kimmel, USGS).



Foto I-9. Caldera y tres cráteres anidados del volcán Huaynaputina, erupción del año 1600 d. C. (Foto: P. Masías, INGEMMET).

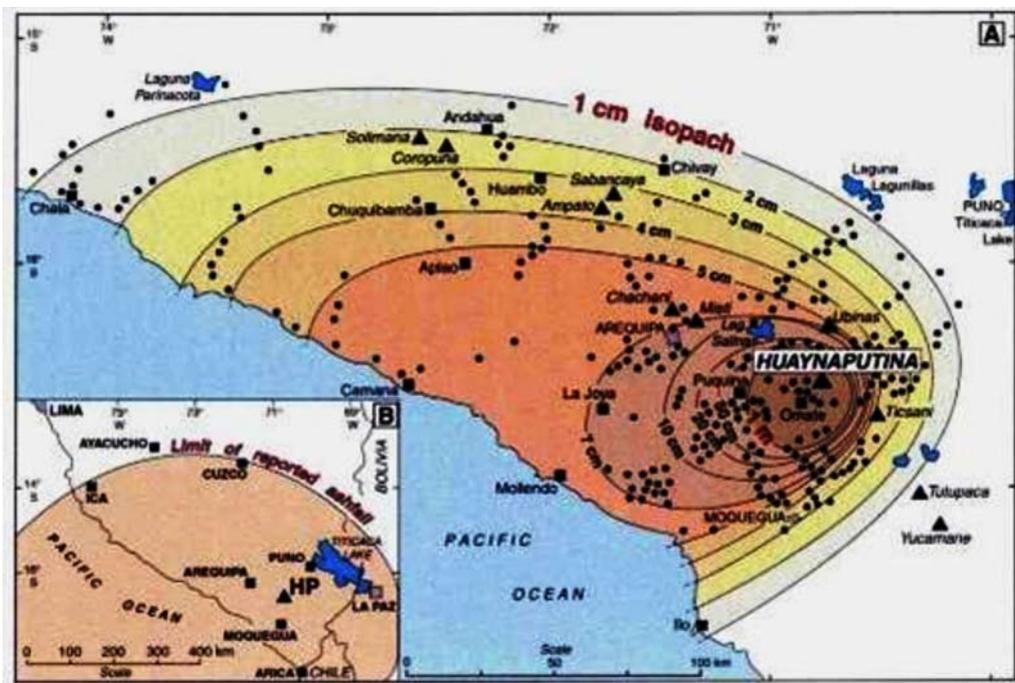


Fig. I-7. Mapa de espesor de cenizas del volcán Huaynaputina de la erupción del año 1600 (Fuente: Thouret et al., 1999).

### Erupción tipo peleana

Tipo de erupción volcánica caracterizada por el crecimiento de un domo de lava viscosa, el cual puede ser destruido por un colapso gravitacional o por explosiones de corta duración, produciendo flujos piroclásticos o nubes ardientes. Este término proviene del volcán Montagne Pelée, en Martinica (Foto I-9). En el sur de nuestro país, casi todos los volcanes activos presentaron en el pasado este tipo de erupciones.

### TIPOS DE VOLCANES

Por su morfología, los volcanes se pueden clasificar en tres tipos: conos de escoria o ceniza, volcanes en escudo o volcanes estratificados (estratovolcanes).

#### Conos de escoria o ceniza

Los conos de escoria son volcanes sencillos que, en su cima, tienen un cráter en forma de plato, y raramente ascienden más de mil pies sobre su entorno. Usualmente se originan a causa de

erupciones a través de una sola vía de ventilación, a diferencia de los estratovolcanes o volcanes de escudo, los cuales pueden hacer erupción por diferentes aperturas.

Los conos de escoria por lo general expelen flujos de lava, a veces mediante una fisura en un lado del cráter o por una chimenea ubicada en su flanco. Probablemente el cono de escoria más

famoso sea, Paricutín (Foto I-10), que creció en un campo de maíz en México durante 1943 a partir de una chimenea. Las erupciones continuaron durante nueve años, formándose un cono de 424 metros de altura, y produciendo flujos de lava que cubrieron un área 25 km<sup>2</sup>, desapareciendo del mapa varios pueblos, dejando solo como muestra de la ubicación de uno de ellos la torre de la Iglesia de San Juan (Foto I-11).



**Foto I-10.** El volcán Montaña Pelada o Mont Pelée, ubicado en la Martinica es un claro ejemplo de erupción tipo peleana. (Foto: Llovey, Am. Mus. Nac. Hist.)



**Foto I-11.** Volcán Paricutín, México, luego de su erupción de 1943. (Foto: Tobito, comunidad de Hurones).



Foto I-12. Iglesia de San Juan, rodeada de lavas del Parícutin. (Foto: Vico Colin).

### Volcanes en escudo

Son aquellos cuyo diámetro es mucho mayor que su altura. Se forman por la acumulación sucesiva de corrientes de lava muy fluidas, por lo que son de poca altura y pendiente ligera. Su topografía es suave y su cima forma una planicie ligeramente incorporada. Como ejemplo de este tipo de volcanes están los volcanes hawaianos y los de las islas Galápagos. Ocasionalmente se observan volcanes de escudo con un cono de ceniza o escoria en su cúspide, como es el caso de los volcanes de Hawai (Foto I-12).

### Volcanes estratificados o estratovolcanes

Los estratovolcanes (Fig. I-10) son edificios volcánicos contruidos por la múltiple sobre-posición de materiales expulsados por el volcán durante su vida. Esto quiere decir que el volcán ha formado su cono poco a poco en cada erupción, poniendo una capa de material sobre otra, creando estratos distintos. Dichos estratos pueden ser lavas solidificadas, lapilli, cenizas, bombas volcánicas, flujos piroclásticos o lahares solidificados.

Aunque a veces se les denomina volcanes compuestos, los vulcanólogos prefieren utilizar el término estratovolcán para establecer una distinción, debido a que todos los volcanes, sean del tamaño que sean, presentan una estructura (de capas)

compuesta, se desarrollan sobre los materiales de sucesivas erupciones. Como ejemplo de estos están los volcanes más altos de nuestro país: el Misti con 5822 msnm (Foto I-13), el Ubinas con 5670 msnm (Foto I-14), el Ticsani con 5408 msnm, entre otros.

### LA ACTIVIDAD ERUPTIVA

Las erupciones volcánicas son el resultado de la llegada del magma a la superficie del planeta. El magma puede llegar directamente desde la zona de generación, situada entre 70 y 100 km de profundidad. Otras veces lo hace después de haber reposado en cámaras magmáticas. En el inicio de la erupción, intervienen diferentes procesos de desgasificación, mezclas de magmas y de la actividad tectónica.

La actividad volcánica se clasifica en función del grado de explosividad y está controlada por la cantidad de gas presente en el magma; a medida que aumenta es mayor la explosividad resultante. El magma contiene gases disueltos con una proporción en peso que puede llegar al 5%. En algunos casos, puede incorporar agua procedente de acuíferos, que se traduce en un incremento del gas disponible. Los componentes principales del gas volcánico son agua ( $H_2O$ , casi el 80% del total), dióxido de carbono ( $CO_2$ ), anhídrido sulfuroso ( $SO_2$ ), ácido sulfhídrico ( $H_2S$ ) y, en mucha menor proporción, hidrógeno ( $H_2$ ), cloro (Cl), flúor (F), etc.



Foto I-13. Lavas fluidas del volcán Kilauea, Hawai. (Foto: Ken Burns).

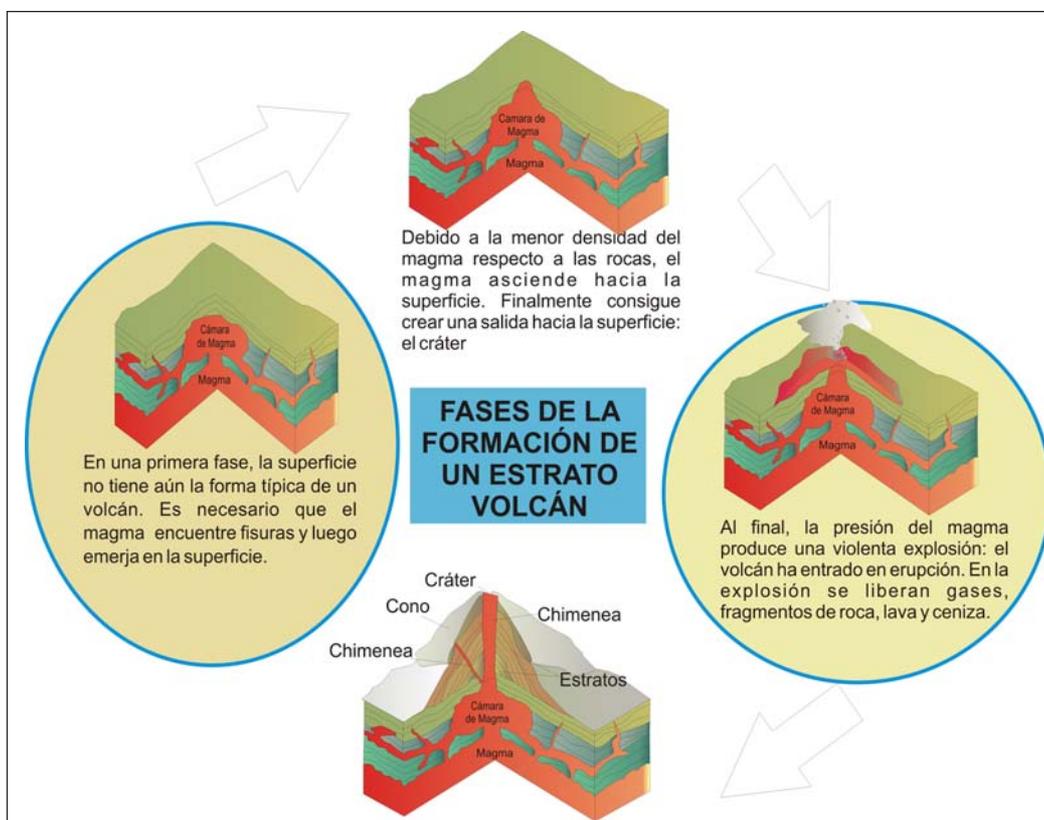


Fig. I-8. Fases de la formación de un estratovolcán.



Foto I-14. Volcán Misti, en Arequipa, Perú (Foto: J. Ubeda).



Foto I-15. Volcán Ubinas, en Moquegua, Perú (Foto: R. Amache, INGEMMET).

### Índice de explosividad volcánica (IEV)

La clasificación tradicional de la actividad volcánica y los mecanismos que provocan la erupción están actualmente en proceso de revisión. Sin embargo, es conveniente establecer un criterio que nos permita diferenciar, de forma muy general, unas erupciones de otras. En este sentido, se ha establecido el índice de explosividad volcánica (IEV) en función del volumen de material emitido y la altura alcanzada por la columna explosiva.

El IEV (Tabla I-1 y Fig. I-11) cuenta con una escala de 8 grados, con la que los vulcanólogos miden la magnitud de una erupción volcánica. El índice es el producto de la combinación de varios factores mensurables y/o apreciables de la actividad volcánica. Por ejemplo, se considera el volumen total de los productos expulsados por el volcán (lava, piroclastos, ceniza volcánica), la altura alcanzada por la nube eruptiva, la duración de erupción, la inyección troposférica y estratosférica de productos expulsados, y otros factores sintomáticos del nivel de explosividad.

Tabla I-1  
Índice de explosividad volcánica

IEV	Volumen km <sup>3</sup>	Altura columna (km)	Descripción	Tipo	Fase explosiva (horas)	Inyección	
						Tropósfera	Estratósfera
0	fumarolas	0,1	No explosiva	Hawaiana	< 1	Mínima	No
1	< 0,00001	0,1 - 1	Pequeña	Stromboliana	1 - 6		
2	< 0,0001	1 - 5	Moderada			Vulcaniana	6 - 12
3	< 0,001	3 - 15	Media	Pliniana	> 12		
4	< 0,01		Grande			Ultrapliniana	Siempre
5	< 0,1	10 - 25	Muy grande	Importante			
6	< 1		Severa				
7	< 10	> 25	Violenta				
8	< 100		Terrible				
9	> 100						

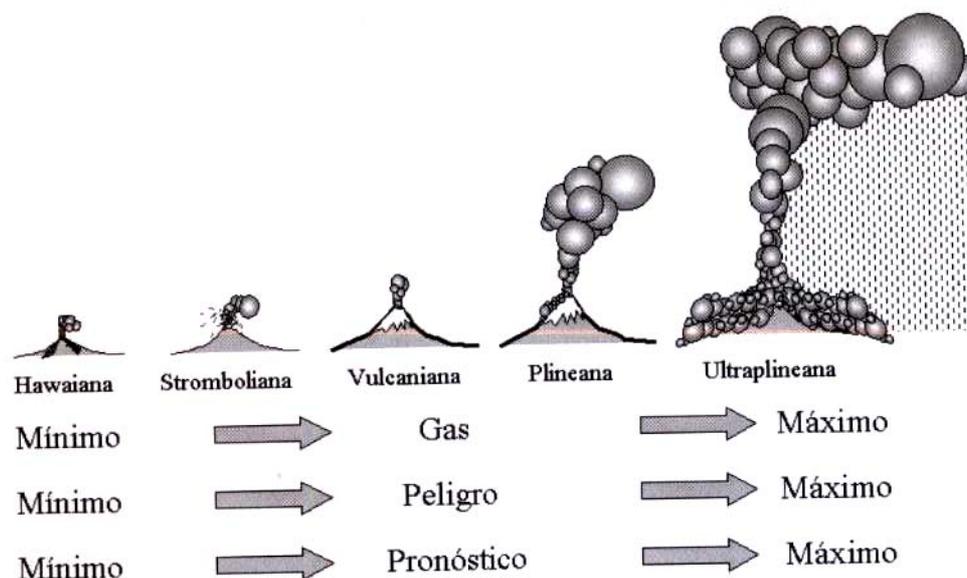


Fig. I-9. La cantidad de magma que interviene, el ritmo de emisión y el contenido en gas determinan el mecanismo eruptivo. La peligrosidad de la erupción y la posibilidad de pronóstico son mayores cuando la cantidad magma se movilice en poco tiempo. (Fig. M. Astiz).

## LOS PELIGROS VOLCÁNICOS

La actividad volcánica es una fuente natural de contaminación, la cual aporta una cantidad considerable de contaminantes, principalmente a la atmósfera. Se ha documentado que dicha actividad representa riesgos para los ecosistemas y las poblaciones humanas que se ubican cerca de los edificios volcánicos, no obstante, se ha descrito que incluso organismos que se localizan a distancias considerables de las zonas con actividad volcánica también pueden verse afectados. Dentro de los principales riesgos volcánicos destaca la emisión de ceniza y gases; dichos eventos se relacionan con la cantidad y el número de exposiciones. En este contexto, la colaboración entre vulcanólogos, meteorólogos, químicos, biólogos, agrónomos y profesionales de la salud permitirá mitigar los riesgos de la actividad volcánica.

En el mundo existen alrededor de 1300 volcanes continentales activos, entendiendo como activos aquellos que han mostrado por lo menos una erupción en los últimos 10 000 años. De estos, 550 han tenido alguna erupción en tiempos históricos. Los volcanes activos mantienen una tasa eruptiva global de 50 a 60 erupciones por año. En promedio, en todo momento existen unos 20 volcanes en erupción en distintos puntos del globo (Simkin y Siebert, 2002).

Los volcanes producen una amplia variedad de peligros o amenazas capaces de ocasionar pérdidas humanas, destruir propiedades y afectar incluso el clima global. Las erupciones

pueden causar mucho daño. En países pobres, la recuperación puede tomar meses e incluso años. A continuación, se describen los principales peligros volcánicos y sus efectos en el medio ambiente.

### Caídas de ceniza y piedra pómez

Las cenizas volcánicas están compuestas por fragmentos finos de roca volcánica (de menos de 2 mm de diámetro). A menudo están muy calientes en las cercanías del volcán, pero se enfrían a medida que caen a distancias más lejanas. Las cenizas varían en apariencia, dependiendo del tipo de volcán y la forma de erupción. Así, pueden ir de un color gris claro a negro, y pueden variar en tamaño: Las cenizas suspendidas bloquean la luz del sol, reduciendo la visibilidad y causando a veces oscuridad completa en pleno día.

Las erupciones también pueden generar truenos y relámpagos debido a la fricción entre las partículas finas suspendidas que se pueden localizar sobre el volcán o acompañando grandes fumarolas mientras se mueven en la dirección del viento.

Grandes depósitos se pueden incorporar al suelo ya existente y convertirse en la futura capa de suelo fértil. El efecto benéfico del vulcanismo sobrepasa, con el tiempo, los peligros de erupciones infrecuentes, de manera que las áreas con fertilidad volcánica están a menudo densamente pobladas.

Las cenizas recientemente caídas, pueden tener partículas ácidas que causarían irritación en los pulmones y en los ojos. Esta película ácida se pierde rápidamente con la lluvia, y esto puede contaminar las fuentes de agua locales. La ceniza ácida también puede dañar la vegetación, produciendo pérdida de cosechas.

Los fragmentos más grandes y densos caen cerca del volcán, y se denominan bombas o bloques.

(> 64 mm; Foto I-15); mientras que las partículas de menor tamaño, denominadas lapilli (2-64 mm; Fotos I-16 y I-17) y ceniza (< 2 mm; Foto I-18), son llevadas por el viento a grandes distancias, y luego caen y forman una capa de varios milímetros o centímetros de espesor.



Foto I-16. Impacto de bombas volcánicas en la caldera del volcán Ubinas. (Foto: J. Mariño, INGEMMET).



Foto I-17. Depósitos de escoria, en la localidad de Andahua (Foto: J. Mariño, INGEMMET).



Foto I-18. Piedra pómez, del volcán Misti, en el distrito de Mariano Melgar. (Foto: L. Macedo, INGEMMET).



Foto I-19. Depósitos de lapillis en el valle del río Chili, provenientes del volcán Misti (Foto: J. Mariño, INGEMMET).

#### a) Efectos de las caídas de cenizas

La acumulación de ceniza puede provocar el colapso de los techos por el peso acumulado (Foto I-20), la destrucción de líneas de transmisión de energía, averías en las líneas telefónicas, estaciones de radio y televisión, estropea máquinas, daña o liquida la vegetación, contamina aguas, causa daños a los sistemas de

drenaje y plantas de tratamiento de aguas, afecta cultivos, interrumpe el tráfico aéreo, entre otros.

#### b) Efectos de las cenizas sobre la salud

Los efectos de las cenizas sobre la salud pueden ser divididos en varias categorías: efectos respiratorios, síntomas oculares, irritación cutánea y efectos indirectos.



Foto I-20. Caída de cenizas, erupción del volcán Chichón, México. (Foto: Francisco Ramos).

- Efectos respiratorios

En algunas erupciones, las partículas de cenizas pueden ser tan finas que al respirar se introducen profundamente en los pulmones. Cuando la exposición es alta, incluso los individuos sanos experimentarán malestar en el pecho con aumento de tos e irritación. Los síntomas comunes agudos a corto plazo incluyen:

- Irritación nasal y descarga (flujo nasal).
- Irritación de garganta y ardor, algunas veces acompañado de tos seca.
- Las personas con malestares preexistentes en el pecho pueden desarrollar síntomas de bronquitis severa (tos seca, producción de flemas, jadeos y toses), que se prolonga durante varios días después de la exposición a las cenizas.
- Se dificulta la respiración.

En raras circunstancias, la exposición prolongada a cenizas volcánicas puede derivar en problemas pulmonares serios. Si esto llegase a ocurrir, la ceniza debe haber sido muy fina y contener cristales de sílice (para que ocurra silicosis), además, la gente debe haber estado expuesta a cenizas en alta concentración durante muchos años. La exposición a cristales de sílice en ceniza volcánica es típicamente corta (días o semanas) y los estudios sugieren que los límites recomendados de exposición (parecidos en la mayoría de los países) puedan excederse por periodos por la población en general.

Las personas que sufren asma u otro problema pulmonar, tal como bronquitis, enfisema o severos problemas cardiacos, corren más riesgo.

### ¿Por qué la gente con problemas pulmonares crónicos está especialmente en riesgo?

Las cenizas finas irritan los conductos respiratorios y provocan que estos se contraigan, dificultando la respiración en las personas que ya tienen problemas pulmonares. El polvo fino también hace que los recubrimientos que tienen los conductos produzcan más secreciones, lo que a su vez hace que las personas tosan y respiren pesadamente. Los que padecen asma, especialmente los niños que pudieran estar muy expuestos a las cenizas cuando juegan, pueden sufrir de accesos de tos, opresión de pecho y jadeos. Personas que nunca hayan tenido asma pueden experimentar síntomas asmáticos después de una lluvia de cenizas, especialmente si salen al aire libre y hacen esfuerzos.

- **Síntomas oculares**

Irritación en los ojos es un efecto muy común, ya que trozos de cenizas pueden producir dolorosas raspaduras en el frente del ojo (abrasión de córnea) y conjuntivitis. Las personas que usan lentes de contacto deben estar especialmente informados sobre este problema y quitarse sus lentes para prevenir que se produzca abrasión de córnea.

Los síntomas más comunes incluyen:

- Sensación de objetos extraños dentro del ojo.
- Dolor, picazón o sangrado en los ojos.
- Descarga pegajosa o lagrimeo.
- Abrasión de córnea o raspaduras.
- Conjuntivitis aguda (Foto I-21) o inflamación del saco conjuntivo que rodea el globo ocular debido a la presencia de cenizas, lo que provoca enrojecimiento, ardor de ojos y fotosensibilidad.



Foto I-21. Niña con problemas en los ojos por la ceniza emitida por el volcán Ubinas en 2006. (Foto: J. Mariño, INGEMMET).

#### • Irritación cutánea

Aunque no es común, las cenizas volcánicas pueden producir irritación en la piel, especialmente si las cenizas son ácidas. Los síntomas incluyen:

- Irritación y enrojecimiento de la piel.
- Infecciones secundarias si las personas se rascan.

#### c) ¿Qué hacer en caso de una caída de ceniza?

Sepa anticipadamente qué es lo que se puede esperar y cómo enfrentarlo. Eso hará manejable la situación. En las áreas con ceniza, use máscaras para el polvo y lentes con protecciones para los ojos. Si usted no tiene una máscara para polvo, use un pañuelo o tela húmeda.

Tanto como sea posible, mantenga la ceniza fuera de casas, edificios, maquinaria, suministros de agua, aire acondicionado, drenajes, cañerías, alcantarillas, etc. Permanezca dentro de su casa o habitación para minimizar la exposición, especialmente si usted padece de enfermedades respiratorias.

Minimice los viajes: manejar durante una lluvia de ceniza es arriesgado para usted y su automóvil. No sature las líneas telefónicas con llamadas que no sean de emergencia. Use su radio para recibir información sobre la caída de ceniza y lo que debe hacer.

#### d) ¿Qué hacer antes de una caída de ceniza?

Mientras se encuentre en un automóvil, en su casa, trabajando o jugando, usted siempre debe estar preparado. La lluvia intermitente de ceniza y la acumulación de ceniza en el suelo pueden continuar durante años.

##### • En su casa

Guarde en su casa y oficina estos artículos que le serán de utilidad en caso de cualquier emergencia por peligros naturales:

- Máscara para polvo y repuestos.
- Suficiente comida no perecedera, al menos para tres días.
- Suficiente agua potable, al menos para tres días (4 litros por persona por día).
- Plástico para envolver (para proteger los aparatos electrónicos).
- Botiquín de primeros auxilios y medicinas regulares.
- Una radio de pilas con paquetes de baterías extras.
- Linternas con baterías extras.
- Frazadas o mantas extras y ropa de abrigo.
- Suministros de limpieza: se debe limpiar continuamente las cenizas de los techos para evitar su colapso por el peso (Foto I-22).
- Pequeñas cantidades de dinero en efectivo extra (los cajeros automáticos pueden no funcionar).



Foto I-22. Caída de ceniza volcánica, limpieza de las viviendas. Volcán Puyehue, Chile. Diario Uno (Foto: infobae.com).

- **Los niños**

- Explíqueles qué es un volcán y qué deben esperar y hacer si llueve ceniza.
- Deben conocer el plan de emergencia de su escuela.
- Tener disponibles juegos actividades de mesa para distraer a los niños, para que de esta manera sea menos estresante o traumático este proceso.

- **Sus animales domésticos**

- Guardarles comida extra y agua para beber.
- Mantener medicinas extras a la mano.
- Mantener bajo techo a sus mascotas, si es posible.

- **Su automóvil**

Cualquier vehículo puede ser considerado una segunda vivienda móvil (Foto I-24). Lleve siempre algunos artículos que le sean de utilidad en caso de retrasos, emergencias o fallos mecánicos:

- Máscaras de polvo y lentes con protección para los ojos.
- Mantas extras y ropa de abrigo.
- Comida de emergencia y agua para beber.
- Suministros de emergencia: botiquín de primeros auxilios, linterna, extintor de incendios, toma de corriente, señales luminosas, fósforos, manual de supervivencia, etc.
- Lona impermeable y soga gruesa para remolque.

- Filtros extras de aire y aceite, aceite extra, repuestos del limpia parabrisas y líquido limpiador del parabrisas
- Teléfono celular con batería extra

e) **¿Que hacer durante el período de limpieza general?**

- Minimice el manejar vehículos y otras actividades que remuevan la ceniza.
- Remueva la ceniza tanto como pueda de las áreas más frecuentemente usadas. Limpie de arriba hacia abajo utilizando una mascarilla para polvo.
- Antes de barrer, humedezca la ceniza para evitar el levantamiento. Tenga cuidado de no dejar la ceniza dentro de alcantarillas, desagües, cañerías drenajes pluviales, etc.
- Use el agua de forma económica. El uso inadecuado de agua para la limpieza puede reducir el suministro público de esta.
- Proteja los electrodomésticos y microcomponentes (por ejemplo, computadoras, maquinaria, etc.) hasta que el ambiente quede libre de ceniza.
- Solicite consejo de las autoridades sanitarias con respecto a la eliminación de la ceniza volcánica en su comunidad.
- La ceniza húmeda puede ser resbalosa. Tenga cuidado cuando suba escaleras y techos.
- Establezca el cuidado de los niños para auxiliar a los padres involucrados en la limpieza general.



Foto I-23. Los niños son el sector de la población más vulnerable ante los desastres. (Foto: Francisco Ramos).



**Foto I-24.** Los animales domésticos sufren mucho cuando ocurren desastres, ya que muchas veces son olvidados o no se dan condiciones para trasladarlos y darles el sustento. (Foto: Volcán Chaiten-Chile. National Geographic).



**Foto I-25.** Los vehículos pueden servir de refugio temporal, pero para ello deben estar en buenas condiciones con el fin de que sirvan de traslado y no obstaculicen las vías de evacuación. (Foto: Francisco Ramos) Volcán Puyehue).

### Flujos y oleadas piroclásticas

Los flujos piroclásticos son masas calientes (300 °C a 500 °C) conformadas por una mezcla de ceniza, fragmentos de roca y gases. Estos flujos descienden por los flancos del volcán a grandes velocidades, entre 200 y 300 m/s. Poseen normalmente una parte inferior densa, que se encauza y desplaza por el fondo de las quebradas o valles, y otra superior, menos densa, denominada oleada piroclástica (Foto I-26), compuesta por una nube turbulenta de gases y ceniza, que con facilidad sale del valle, sobrepasa relieves importantes y afecta un área mayor. Estos flujos y oleadas destruyen y calcinan todo lo que encuentran a su paso.

### Flujos de lodo (huaicos o lahares)

Los flujos de lodo constituyen el fenómeno volcánico más peligroso para las personas que viven en las proximidades de los ríos que descienden de un volcán (Foto I-30). Los lahares se forman cuando masas de materiales volcánicos no consolidados, tales como ceniza depositada en los flancos de las montañas, depósitos

glaciares, escombros de flujos piroclásticos y de avalanchas de roca, se mezclan con el agua y comienzan a movilizarse.

En el caso de los volcanes ecuatorianos, el agua puede provenir de la fusión del casquete glaciar, de la ruptura de un lago ubicado en un cráter o de fuertes lluvias que acompañen o que sigan a una erupción. Estos flujos se mueven ladera abajo por la fuerza de la gravedad, a grandes velocidades (hasta varias decenas de km/h), siguiendo los drenajes existentes. El tamaño del material movilizado por estos flujos es muy variable; puede ser desde arcilla o arena hasta bloques de varios metros de diámetro.

En Arequipa, podemos apreciar lahares a lo largo de las quebradas que descienden del volcán Misti, así como en el río Chili, los cuales contienen restos de cerámicos que evidencian la existencia de poblaciones indígenas antes de la llegada de los españoles a esta ciudad, las cuales fueron destruidas a consecuencia de la actividad eruptiva del Misti. (Foto I-31).



Foto I-26. Erupción pliniana del volcán Chaitén, Chile, en 2008. (Foto: National Geographic).



Fig. I-10. Pompeya año 79 dC. Esta erupción destruyó toda la ciudad y mató a todos sus habitantes. (Fig. Recreación de Discovery Chanel).



Foto I-27. Algunas escenas de muerte han llegado a nosotros gracias al calcado en yeso efectuado por los arqueólogos. (Foto: Leonard Von Matt).



**Foto I-28.** Flujo piroclástico proveniente del volcán Huaynaputina, la última gran erupción ocurrida en los Andes. Con un IEV 6 a 7, afectó gran parte del sur del Perú y países vecinos. (Foto: P. Masías, INGEMMET).



**Fotos I-29 y I-30.** Pequeña erupción del volcán Nevado del Ruíz, en 1985, la cual produjo un lahar que llegó a la ciudad de Armero, a 70 km de distancia del cráter del volcán, provocando la muerte de 23 000 personas y la destrucción de la ciudad. (Fotos: INGEOMINAS).



**Fotos I-31 y I-32.** Lahares en el río Chili, correspondientes a la última erupción del volcán Misti, aproximadamente en 1442, donde se observan restos cerámicos. (Fotos: J. Mariño, INGEMMET).

## Avalanchas de escombros

Las avalanchas de escombros son deslizamientos rápidos del flanco de un volcán. Son causadas por factores que producen la inestabilidad del volcán, tales como pendiente elevada de las laderas, presencia de fallas, movimientos sísmicos fuertes, alteración hidrotermal o explosiones volcánicas. Las avalanchas de escombros ocurren con poca frecuencia y pueden alcanzar decenas de kilómetros de distancia. Bajan a gran velocidad y destruyen todo lo que encuentran a su paso.

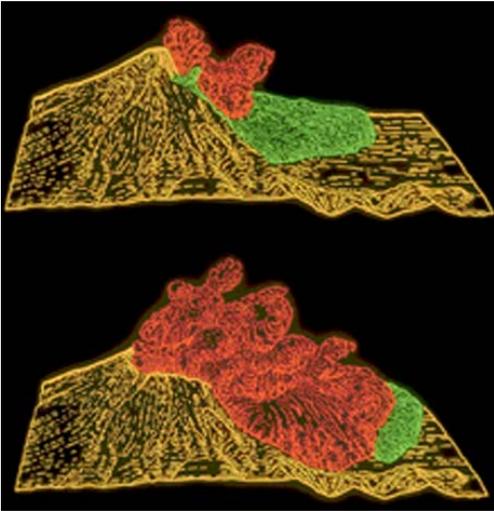


Fig. I-11 y Foto I-33. Avalancha de escombros en el volcán Santa Helena, en 1980. (Fotos: USGS).

## Flujos de lava

Son corrientes de roca fundida, que son expulsadas por el cráter o las fracturas en los flancos del volcán. Pueden fluir por el fondo de las quebradas y alcanzar varios kilómetros de distancia. En nuestros volcanes en el sur del Perú, cuyo magma es viscoso, normalmente se enfrían en la zona del cráter, formando domos de lava, o recorren escasos kilómetros. Los flujos de lava destruyen

y calcinan todo a su paso, sin embargo, no representan una amenaza elevada para las personas debido a su baja velocidad.

Por su composición química pueden ser:

**a) Lavas básicas:** presentan pocos gases en su interior y su abundancia de  $\text{SiO}_2$  es relativamente baja, de ahí su carácter «fluido».



Foto I-34. Lava cordada, tipo panhoehoe, en Hawai. (Foto: JC. Diaz).

**b) Lavas ácidas:** originadas por magmas más viscosos, por lo tanto, menos fluidas, pero de comportamiento explosivo.

### Gases volcánicos

Durante las erupciones volcánicas se produce una importante liberación de gases, principalmente de vapor de agua; pero también dióxido de carbono, dióxido de azufre, ácido clorhídrico, monóxido de carbono, ácido fluorhídrico, azufre, nitrógeno, cloro o flúor.

Estos gases se diluyen y se dispersan rápidamente, sin embargo, pueden alcanzar altas concentraciones en el cráter o laderas de la cumbre (Foto I-35), donde pueden generar intoxicación y muerte de personas y animales. Los gases también pueden condensarse y adherirse a partículas de ceniza, así como reaccionar con las gotas de agua y provocar lluvias ácidas que generan corrosión, daños en los cultivos y contaminación de aguas y suelos.



Foto I-35. Lavas tipo aa del kilauea - Hawai. (Foto: David Jordan).



Foto I-36. Liberación de gases, cráter del volcán Ubinas, en 2006 (Foto: Anthony Finizola, VEA).



# CAPÍTULO II

## RIESGOS VOLCÁNICOS

### INTRODUCCIÓN

Los riesgos volcánicos son menos perceptibles para la población, debido a que los volcanes permanecen inactivos durante largos periodos y proporcionan una falsa sensación de seguridad a los habitantes de las zonas próximas, a diferencia de los riesgos sísmicos que son más frecuentes.

El riesgo volcánico es un concepto que gradualmente se va teniendo en cuenta, especialmente debido a las últimas erupciones catastróficas ocurridas con pérdidas humanas, y al impacto o difusión que estas han tenido en los medios de comunicación. Paralelamente, también destaca la labor de concientización y divulgación que se ha estado llevando a cabo por diversos organismos oficiales de todo el mundo, mediante la puesta en marcha de diversas iniciativas.

Los mayores desastres han ocurrido en volcanes con muchos años de inactividad. Estos periodos de ausencia de actividad propician el olvido y la falta de interés en la historia eruptiva de los volcanes, lo que trae consigo consecuencias catastróficas.

### CONCEPTOS BÁSICOS

#### Peligro / amenaza

El peligro o amenaza es un fenómeno, sustancia, actividad humana o condición peligrosa que puede ocasionar la muerte, lesiones u otros impactos a la salud, al igual que daños a la propiedad, la pérdida de medios de sustento y de servicios, trastornos sociales y económicos, o daños ambientales.

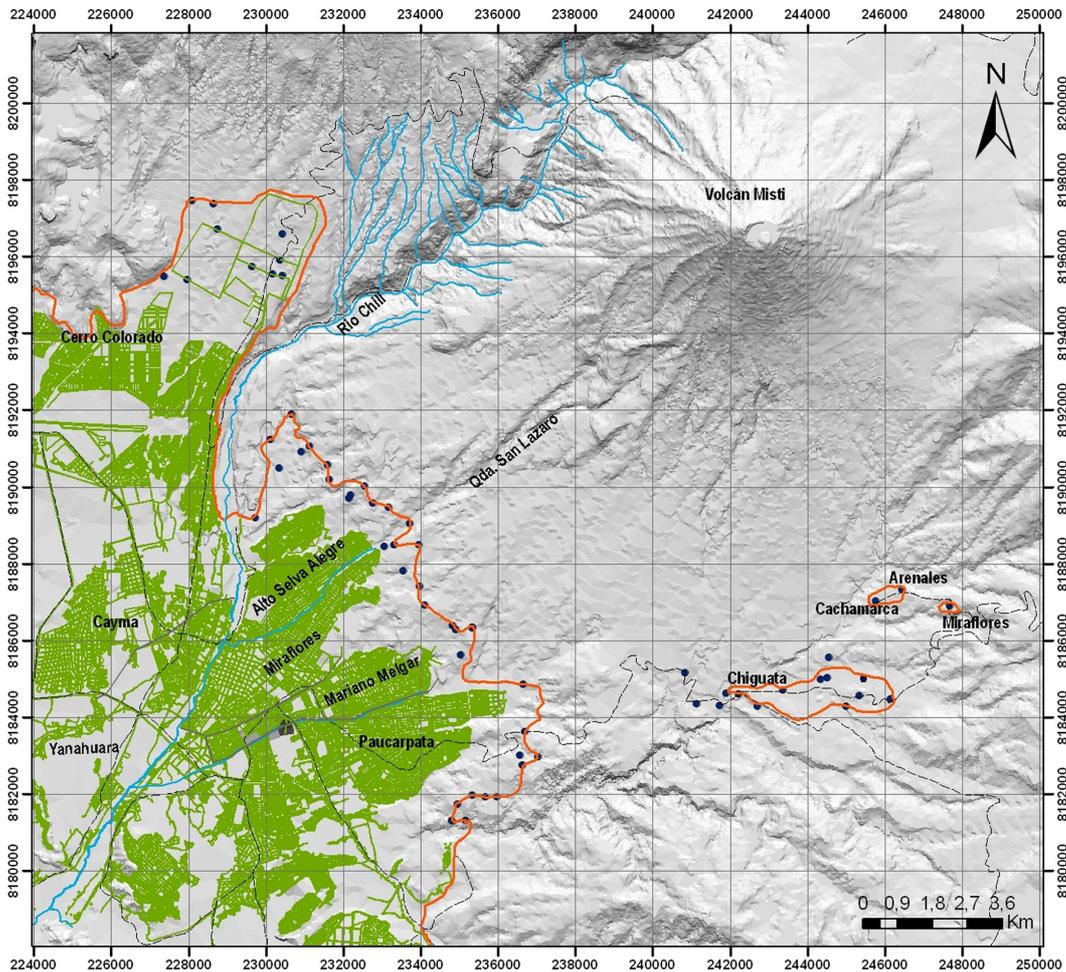
El concepto de peligro volcánico engloba aquel conjunto de eventos que se producen en un volcán y pueden provocar daños a personas o bienes expuestos. Por este motivo, la historia eruptiva de un volcán es un factor importante en el momento de determinar su peligrosidad volcánica, ya que permite definir de forma aproximada su estado actual o más reciente, y prever su comportamiento en futuro.

Como ejemplo de zonas en peligro volcánico podemos citar al volcán Vesubio (Foto II.1), ya que en sus alrededores viven tres millones de personas y sus erupciones han sido violentas. Se trata de la zona volcánica más densamente poblada en el mundo. Es el único volcán situado en la parte continental de Europa que ha sufrido una erupción en el siglo XX. Es famoso por su erupción del 24 de agosto de 79, en la que fueron sepultadas las ciudades de Pompeya y Herculano.

La ciudad de Arequipa cuenta con una población de cerca del millón de habitantes y es considerada la segunda ciudad en importancia económica y social del Perú, es así que por razones de expansión y crecimiento poblacional, los distritos crecen de manera desordenada, sin planificación alguna y sin considerar que el Misti –durante los últimos 2000 años– ha presentado erupciones importantes, que en un futuro pueden volver a presentar. Durante los últimos años, la población arequipeña ha sufrido una explosión demográfica considerable, la cual además tiene la tendencia de expandirse hacia el volcán Misti (Fig. II-1).



**Foto II-1.** El volcán Vesubio está considerado uno de los volcanes más peligrosos del mundo. Es un volcán activo situado frente a la bahía de Nápoles y a unos nueve kilómetros de distancia de esta ciudad. (Foto: T. Belova).



**Fig. II-1.** Expansión urbana de la ciudad de Arequipa. Nótese la tendencia del crecimiento urbano hacia el volcán Misti. En verde, el casco urbano para 2006, y en línea naranja, la expansión urbana al 2011. La flecha en rojo nos indica la distancia entre la Plaza de Armas de Arequipa y el cráter del Misti. (Elaboración: L. Macedo, INGEMMET).

## Vulnerabilidad

La vulnerabilidad se refiere a las características y las circunstancias de una comunidad, sistema o bien, susceptibles a los efectos dañinos de una amenaza o peligro. Existen diversos aspectos de la vulnerabilidad que surgen de varios factores físicos, sociales, económicos y ambientales.

La vulnerabilidad varía considerablemente dentro de una comunidad y en el transcurso del tiempo. Esta definición identifica la vulnerabilidad como una característica de los elementos de interés (comunidad, sistema o bien), que es independiente de su exposición. Sin embargo, en su acepción común, con frecuencia, esta palabra se utiliza más ampliamente para también incluir el grado de exposición de esos elementos.

No solo las vidas humanas son los elementos de riesgo, ya que nuestra sociedad posee y depende de estructuras básicas muy vulnerables, como son los sistemas de comunicación o las redes de distribución de agua o energía. Además, la complejidad de la sociedad tecnológica actual hace que sea mucho más vulnerable que las sociedades primitivas de subsistencia.

Teniendo en cuenta lo anterior, el daño causado por una erupción volcánica depende, en primer lugar, del tipo y magnitud de la erupción, de la distancia entre el elemento de riesgo y la fuente origen de peligro, de la topografía, del viento y de otras variables meteorológicas. Finalmente, también depende de todas aquellas medidas que se hayan tomado por parte del hombre para mitigar en lo posible el riesgo (alarmas, sistemas de vigilancia, planes de evacuación, etc.).

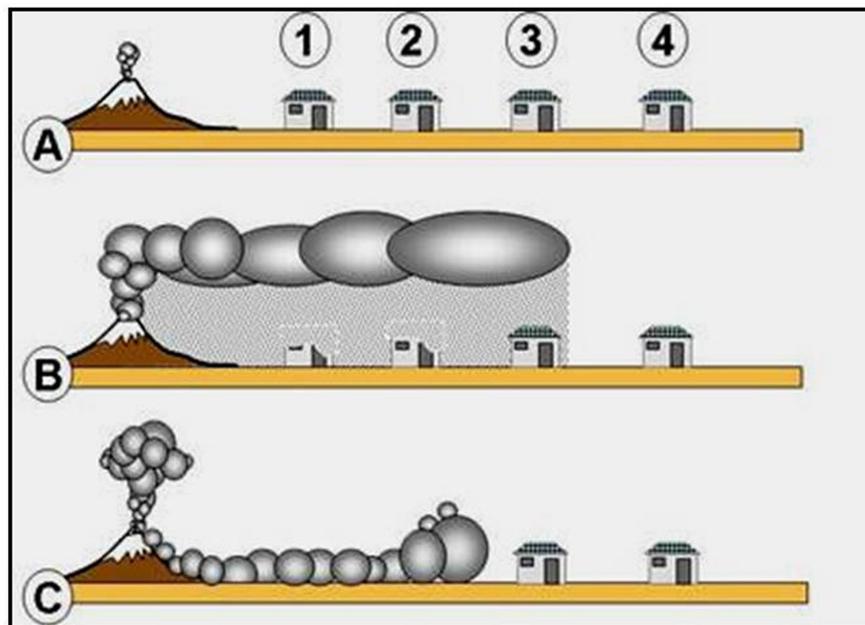


**Fig. II-2.** Mientras más cerca se encuentra la vivienda al volcán, esta resultará más afectada. Si la vivienda se encontrara ubicada dentro de una quebrada y esta se encontrara alejada del volcán, también podría ser gravemente afectada, ya que es el lugar por donde descenderán los productos que emita el volcán en la erupción. (Protección Civil de España).

### Exposición

Representa el valor de los bienes sujetos a posibles pérdidas. Su valor es cero cuando no hay ningún bien presente en el área afectada por un fenómeno natural. Entonces no se produce un desastre, solo se trataría de un evento más de la naturaleza.

Las medidas del grado de exposición pueden incluir la cantidad de personas o los tipos de bienes en una zona (Fig. II-3). Estos pueden combinarse con la vulnerabilidad específica de los elementos expuestos a una amenaza en particular, con el fin de calcular los riesgos cuantitativos relacionados con esa amenaza en la zona estudiada.



**Fig. II-3.** La exposición representa los bienes que hay en cada punto. En A, se presenta un ejemplo con cuatro casas próximas a un volcán activo. Ante una caída de cenizas (B), se tienen daños del 60% en 1, del 20% en 2 y 1% en 3. Para un flujo piroclástico (C), tenemos 100% de daños en 1 y 2. (Protección Civil de España).

## Riesgo

Es la interacción de los fenómenos o circunstancias naturales y la sociedad humana, teniendo en cuenta el coste económico de los daños que se derivan de los peligros. El estudio de los riesgos naturales intenta conocer y controlar los procesos, establecer predicciones sobre los sucesos y prevenir los desastres.

Según la Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de la ONU (EIRD), el riesgo es la combinación de la probabilidad de que se produzca un evento y que sus consecuencias sean negativas.

Un error frecuente que se da en el análisis del riesgo volcánico es asociarlo al riesgo sísmico, cuando solo tienen en común ser un desastre perteneciente a la actividad interna del planeta. Una diferencia esencial que se da entre ambos radica en que mientras el riesgo sísmico representa un peligro único y casi instantáneo, la erupción volcánica puede prolongarse durante meses y los factores de peligro que posee son múltiples (Foto II-2): coladas lávicas, flujos piroclásticos, caída de cenizas, lahares, avalanchas, gases, sismos volcánicos, tsunamis, anomalías térmicas, deformaciones del terreno, etc.



**Foto II-2.** Las erupciones volcánicas pueden prolongarse por meses, causando muchos problemas de salud, económicos, sociales, etc. Volcán Merapi en Indonesia. (Fuente: COMBASE).

El riesgo de desastre son las posibles pérdidas que ocasionaría un desastre en términos de vidas, las condiciones de salud, los medios de sustento, los bienes y los servicios, y que podrían ocurrir en una comunidad o sociedad particular en un periodo específico en el futuro.

De acuerdo con los conocimientos actuales, el problema del análisis del riesgo se enmarca en un ámbito probabilístico que debe unirse al estudio determinista del fenómeno. Así, el riesgo tendrá siempre un valor numérico (monetario o en número de víctimas) que podrá calcularse a partir de la siguiente fórmula:

$$\text{Riesgo} = \text{peligro} \times \text{vulnerabilidad}$$

## MAPAS DE PELIGRO VOLCÁNICO

Contar con el conocimiento de los peligros volcánicos que pudieran presentarse en un volcán determinado dará como resultado una reducción en pérdidas, tanto humanas como económicas. Además, permitirá una mejora en técnicas de construcción de viviendas y edificaciones en general, la implementación de medidas restrictivas

a la construcción en áreas de peligro, y el desarrollo de mejores planes de evacuación y mitigación de desastres.

Los mapas de peligros volcánicos, representan cartográficamente la extensión o área probable que puede ser afectada por todos los productos que un volcán es capaz de generar durante una erupción, y que son capaces de producir daños en su entorno.

Los estudios primordiales para su elaboración son los siguientes: (1) levantamiento geológico del volcán y área volcánica; (2) caracterización geoquímica de los productos (lavas, tefras, etc.); (3) cronoestratigrafía detallada de los depósitos, características y distribución; (4) características y distribución de lava y depósitos laháticos; (5) establecimiento de la evolución y comportamiento eruptivo; y (6) conocer las características de las erupciones históricas, de haberlas.

Los mapas de peligro son dinámicos y tienen vigencia, generalmente, hasta que se presenta una nueva erupción; debido a que las transformaciones que ocurren durante y después de una erupción cambiarán el relieve y habrá nuevas condiciones que harán necesario modificar el mapa. Cuando las erupciones son pequeñas, las transformaciones son pequeñas y, en consecuencia, el mapa mantendrá su vigencia.

Un mapa de peligros representa las áreas que pueden ser afectadas por diferentes procesos volcánicos, mediante una zonificación basada en datos geológicos, cronológicos y morfoestructurales. De esta forma, las áreas de mayor peligro de ser afectadas por lahares, flujos piroclásticos, etc. serán nuevamente afectadas por

estos procesos en una futura erupción. No puede descartarse la posibilidad de que ocurran erupciones de gran magnitud que superen la zonificación del mapa. No obstante, se considera poco probable esta situación de un corto a un mediano plazo.

Los mapas de peligros deben también distinguir entre los riesgos primarios, como los flujos piroclásticos, o las lluvias de fragmentos, describiendo sus velocidades, alcances y efectos sobre el hombre y el medio, y los riesgos secundarios, incluyendo todos aquellos efectos que pueden presentarse durante o después de la erupción, como flujos de lodo y otros impactos sobre el medio ambiente. Normalmente, estos mapas se representan en escalas entre 1:50 000 y 1:250 000. Sin embargo, un mejor detalle puede obtenerse en escalas de 1:25 000 o de 1:10 000.

Los mapas de peligro expresan el grado de probabilidad de que cada uno de los fenómenos volcánicos—como flujos de lava, caídas de piroclásticos, lahares, etc. (Fig. II-4) afecte a un lugar concreto en un determinado intervalo de tiempo. La información obtenida se utiliza como base para los planes generales de ordenamiento territorial, los planes de desarrollo y los planes de contingencia.

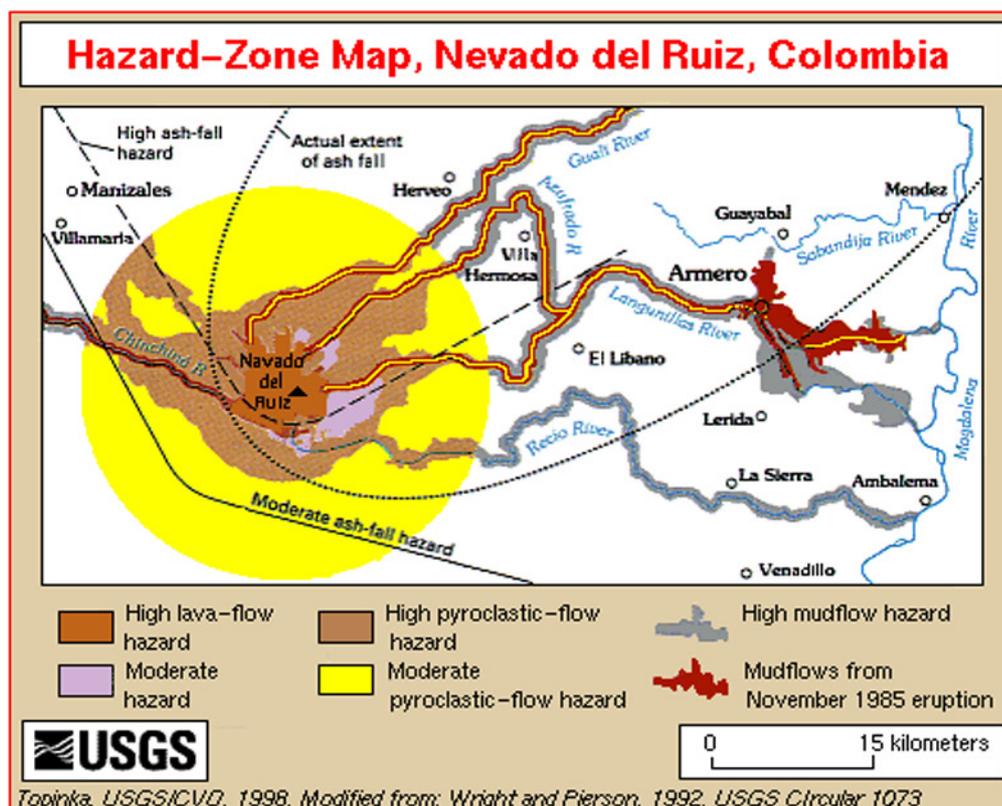


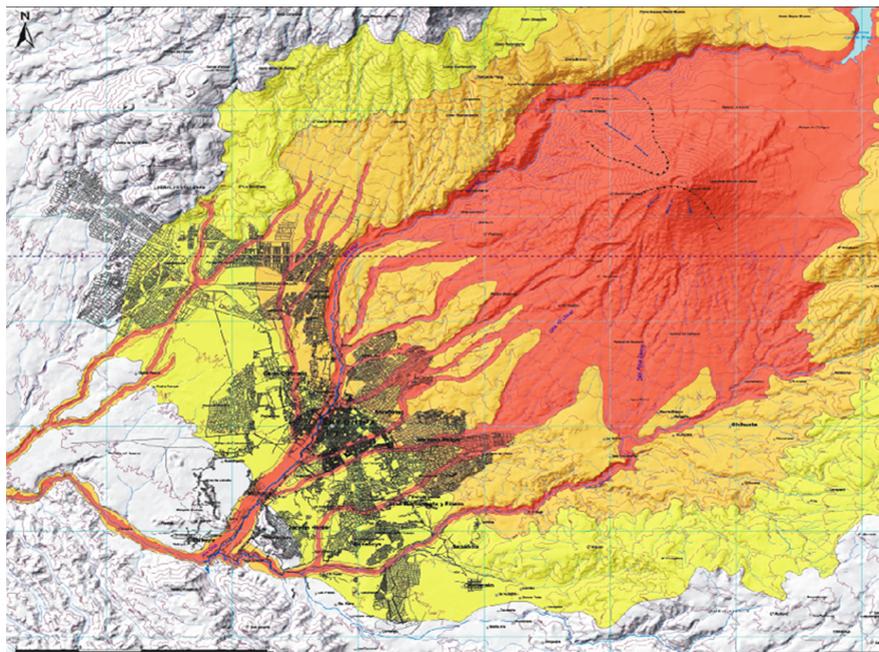
Fig. II-4. Nevado del Ruiz, Colombia (Mapa USGS).



Meteorología e Hidrología (SENAMHI) y la Universidad Católica de Santa María de Arequipa. Paralelamente a los estudios geológicos y la evaluación de los peligros, se hizo el reconocimientos de campo con las autoridades; en dichas jornadas de trabajo, se mostraron en el campo los depósitos emplazados por el Misti, flujos de barro en la cuenca del río Chili y la vulnerabilidad física de la ciudad.

La determinación de las tres zonas de peligros volcánicos está basada en la combinación o suma de todos los peligros potenciales que pueden afectar dichas áreas. Los límites entre cada zona son graduales y no se pueden determinar con exactitud absoluta.

Para determinar las zonas de peligro, se han utilizado tres colores, con la finalidad de identificar alto peligro en rojo; moderado peligro, en naranja; y bajo peligro volcánico, en amarillo (Fig. II-6).



**Fig. II-6.** Mapa principal de peligros del volcán Misti. Nótese las zonas en alto peligro en color rojo, las zonas en moderado peligro en naranja, y las zonas en bajo peligro en amarillo (INGEMMET, 2007).

## EL PELIGRO VOLCÁNICO

Como ya se ha expuesto anteriormente, el concepto de peligro volcánico engloba aquel conjunto de eventos que se producen en un volcán y pueden provocar daños a personas o bienes expuestos, por encima de un nivel o grado de riesgo asumido.

Los fenómenos que ocurren en un volcán son conocidos de manera detallada desde hace mucho tiempo; sin embargo, para valorarlos en su aspecto directamente relacionado con el riesgo volcánico, es útil repasar las grandes catástrofes de las que tenemos noticias. Por ejemplo, la erupción del monte Santa Helena en EE. UU. (1980), la del Nevado del Ruiz en Colombia (1985), la del Pinatubo en Filipinas (1990), y recientemente, la erupción del volcán Eyjafjalla en Islandia (2010), la cual afectó el tráfico aéreo de casi toda Europa (Foto II-3).

Se observa, en líneas generales, que las pérdidas humanas han ocurrido por efectos indirectos (tsunamis, lahares, pérdida de cosechas, etc.) o por una mala gestión de la crisis, pues un volcán

no pasa del más absoluto reposo a la más violenta actividad. Todas las grandes erupciones vienen precedidas de actividad menor y con la suficiente antelación para tomar las medidas de evacuación de las poblaciones próximas.

La mayor parte de los eventos volcánicos solo afectan a las proximidades del volcán como la caída de bombas y las nubes de gases tóxicos, o bien presentan una movilidad baja –como las lavas–. Incluso los grandes efectos del volcanismo explosivo están limitados a un entorno de pocos kilómetros, excepto la caída de cenizas arrastradas por el viento a grandes distancias. Otras catástrofes asociadas a los volcanes, como los lahares o los deslizamientos de ladera, pueden ocurrir sin erupción o terremoto, disparados simplemente por unas lluvias anormales que inestabilizan los materiales volcánicos.

El estudio de la peligrosidad volcánica exige dividir cada uno de los episodios volcánicos en elementos muy sencillos, que se evalúan independientemente.



**Foto II-3.** Volcán Eyjafjalla en Islandia. Colapsó el tráfico aéreo de casi toda Europa (2010).  
(Foto: Sean Stiegemeir).

**Tabla II-1**  
**Factores de peligro y tipo de daño que ocasionan**

Factores de peligro	Tipo de daño
Proyección de bombas y escorias	Daños por impacto, incendio
Caída de piroclastos	Recubrimiento por cenizas, colapso de estructuras, daños a la agricultura, daños a instalaciones industriales
Dispersión de cenizas	Problemas en tráfico aéreo, falta de visibilidad
Lavas y domos	Daños a estructuras, incendios, recubrimiento por lavas
Coladas y oleadas piroclásticas (nubes ardientes)	Daños a estructuras, incendios, recubrimiento por cenizas
Lahares (flujos de lodo)	Daños a estructuras, arrastre de materiales, recubrimiento de barro
Colapso total o parcial de un edificio volcánico	Daños a estructuras, recubrimiento por derrumbes, avalanchas, tsunami inducido
Deslizamiento de laderas	Arrastre de materiales, recubrimiento por detritos, daños a estructuras
Gases	Envenenamiento, contaminación de aire y agua
Onda de choque	Rotura de cristales y paneles
Terremotos y temblores volcánicos	Colapso del edificio volcánico, deslizamiento de masas, daños a estructuras
Deformación del terreno	Fallas, daños a estructuras
Variaciones en el sistema geotérmico de acuíferos	Cambios en la temperatura y calidad de agua
Eyección de aerosoles en la estratosfera	Impacto en el clima, efectos a largo plazo y/o distancia

## PERIODOS DE RETORNO

El periodo de retorno para un volcán, es el tiempo estimado para que ocurra una nueva erupción. Este concepto probabilístico es similar a la esperanza de vida para el ser humano en una determinada sociedad.

Una erupción es la culminación de un largo proceso que se inicia con la generación de magmas, su ascenso, su posible almacenamiento en cámaras magmáticas y su salida a la superficie. Todo este mecanismo es claramente repetitivo, de tal manera que los tiempos entre erupciones se repiten de forma casi constante, pero con las lógicas fluctuaciones derivadas de su propia complejidad. Así, cuando en una región ha ocurrido un número elevado de erupciones y están bien datadas, es posible calcular el periodo de retorno mediante métodos estadísticos. En general, las erupciones muy violentas tienen periodos de retorno de varios miles de años, mientras que las erupciones menos explosivas son más frecuentes, con periodos de pocas decenas de años.

## PERCEPCIÓN DEL RIESGO

Uno de los puntos más álgidos de la población frente a los peligros geológicos es su falta de percepción frente al riesgo: no conocen el medio que los rodea, por consiguiente no identifican a qué son vulnerables, o qué los puede dañar. Su falta de conciencia hace que los peligros geológicos los sorprendan y se desencadenen en un desastre.

El hombre, en función de sus necesidades, está dispuesto a asumir un determinado nivel de riesgo a cambio de los beneficios inmediatos que obtenga; por ejemplo, ocupar áreas próximas a los volcanes para aprovechar la alta productividad de los suelos según el grado de desarrollo de la sociedad. Esta percepción del riesgo varía sustancialmente, tendiendo a aumentar con el bienestar social.

Asimismo, en todas las civilizaciones a través de la historia, se aprecia cómo la percepción del riesgo está determinada en función de los intereses políticos y económicos. Actualmente, se utilizan los medios de comunicación para transmitir esta percepción a la población.

Ante los episodios volcánicos con un largo periodo de retorno, se tiende a disminuir nuestra percepción del riesgo, ya que la escala humana de tiempo (la vida media es de 80 años) es muy breve en relación con la dinámica de la Tierra. Si viviéramos 1000 años, las erupciones y los terremotos serían tan familiares como las lluvias. La tradición oral permitía a las sociedades tener conocimiento de aquellos fenómenos que les habían afectado en épocas pasadas, manteniendo viva la percepción del riesgo durante miles de años. En la actualidad, el carácter globalizador de los medios de comunicación permite la rápida difusión de las noticias sobre los desastres naturales, pero el elevado volumen de información hace olvidarlas y despersonalizarlas rápidamente. Esta disminución de la percepción del riesgo en la sociedad la hace más vulnerable (Foto II-4).



**Foto II-4.** La percepción del riesgo está basada en el grado de conocimiento. En la imagen, se aprecian personas acercándose a un flujo de lava en el volcán Eyjafjalla de Islandia (2010), sin embargo, en Arequipa la población no ha visto erupcionar un volcán, pero le temen mucho a un flujo de lava. (Foto: Sean Stiegemeir).

## VIGILANCIA DE VOLCANES

La vigilancia volcánica consiste en realizar mediciones sistemáticas y periódicas de diferentes parámetros físicos y químicos de los volcanes activos con el objetivo de establecer las **líneas base** de su comportamiento e identificar cambios que puedan indicar una posible reactivación volcánica.

Cada volcán presenta manifestaciones físicas y químicas específicas, y tiene su propia forma de comportamiento. La vigilancia volcánica tiene como finalidad monitorear estas manifestaciones para determinar cuál es la línea base de actividad de un volcán, es decir, lograr determinar su comportamiento normal y el momento en que se producen cambios que pudieran indicar una reactivación volcánica.

Si se presentan cambios en diferentes parámetros y estos cambios persisten con tendencia a aumentar, se tiene una crisis volcánica asociada con la intrusión magmática. Los cambios en el

comportamiento de los volcanes activos antes de una crisis volcánica son graduales: se aceleran progresivamente y no siempre culminan en erupción.

### Métodos de vigilancia volcánica

Los parámetros que se monitorean para observar cambios en los volcanes son los siguientes:

- La actividad sísmica.
- Los gases que se desprenden a través del terreno.
- Química de las aguas (lagos, lagunas, manantiales y pozos).
- Las fumarolas (cantidad de gases, temperatura y composición).
- La geomorfología del cono (deformaciones, grietas).
- La emisión de nubes de ceniza y otras manifestaciones volcánicas.

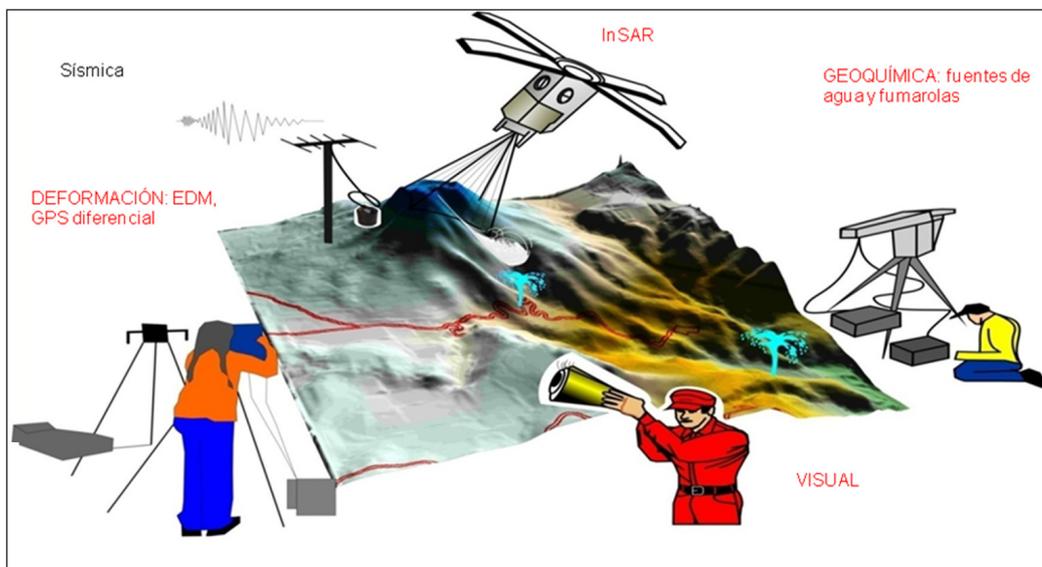


Fig. II-7. Métodos empleadas para la vigilancia volcánica en Perú.

#### a) Observación directa

La vigilancia visual de volcanes es la forma más antigua de seguimiento de la actividad volcánica. Los primeros observatorios se construían cerca a los volcanes activos para poder vigilar visualmente al volcán. Seguidamente de estos observatorios, se instalan los primeros instrumentos cuyo desarrollo posterior condujo a la propia desaparición del observatorio tradicional. Sin embargo, no se abandona el seguimiento visual de la actividad volcánica; ahora es encomendada a personas que viven cerca al volcán y cuyos informes son básicos para poder interpretar los registros aportados por los instrumentos. La aparición de la cámara de

video ha permitido desarrollar técnicas para poder desarrollar en forma remota el seguimiento visual de la actividad volcánica.

Para el caso del volcán Ubinas, desde el inicio de la reactivación en el 2006, se contó con un observador que informaba sobre el comportamiento eruptivo a la Oficina de Vulcanología del INGEMMET en Arequipa. Para ello, se indicaba la altura de la columna eruptiva, color, dirección del viento, si contenía ceniza, gases, coloración etc. Esta información ayudó significativamente para hacer un seguimiento de la evolución del comportamiento del volcán Ubinas (Foto II-5).



**Foto II-5.** Vigilancia visual al volcán Ubinas, donde se mide altura de la columna eruptiva, presencia de gases, cenizas, coloración, ruido etc. (Foto: INGEMMET).

### b) Vigilancia sísmica

El monitoreo **sísmico** consiste en detectar, por medio de *sismómetros* extremadamente sensibles, las vibraciones del suelo (sismos) producidos por la fracturación de las rocas o por el movimiento de magma o de gases magmáticos al interior de un volcán. El ascenso de magma o de otros fluidos magmáticos genera sismos y otras señales sísmicas detectables por los instrumentos y pueden constituir predecesores de la actividad eruptiva.

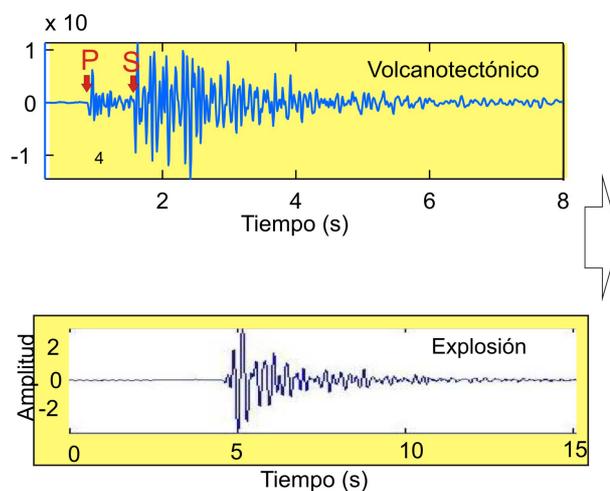
Durante el proceso de reactivación de un volcán, se observa un aumento del número de eventos sísmicos, que puede pasar de

pocos eventos por día a varios cientos o miles de sismos diarios. No solamente se produce un aumento en el número de sismos, generalmente el tamaño de los sismos (es decir, su magnitud) aumenta también hasta a veces ser perceptibles por la población. Aparecen también nuevos tipos de eventos sísmicos debidos a procesos físicos diferentes.

La vigilancia sísmica se realiza mediante la instalación de sismómetros (Foto II.6) sobre y al rededor del edificio volcánico. El incremento y/o disminución de los sismos volcánicos, la forma de su registro (Fig. II-8) y su frecuencia podrían ser premonitores de una probable actividad eruptiva.



**Foto II-6.** Sismómetro utilizado en el volcán Ubinas (Monitoreo sísmico de INGEMMET).

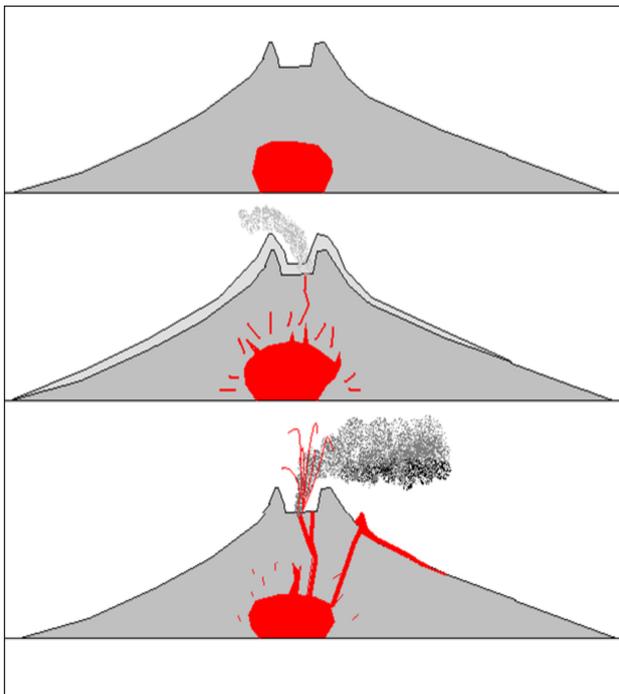


**Fig. II-8.** Sismograma (Registro del volcán Ubinas, INGEMMET).

El aumento de la actividad de un volcán lleva asociado un incremento de sismicidad. Estos eventos sísmicos son de pequeña magnitud debido a la escala de energía disponible que puede liberarse como energía sísmica. La fase gaseosa genera leves movimientos sísmicos que son superficiales, y solo pueden ser registrados por estaciones muy próximas. Las explosiones que acompañan a las erupciones también producen un tipo de evento sísmico muy característico, aunque de poca energía.

### c) Vigilancia geodésica

El control de las deformaciones es otra de las técnicas de vigilancia de volcanes más extendidas y eficaces, esto es, la geodesia. Esta técnica se aplica especialmente en volcanes donde las características del magma pueden provocar grandes deformaciones en el edificio volcánico, sobre todo los volcanes de magmas andesíticos y riolíticos (volcanes del sur del Perú). Un



**Fig. II-9.** En la etapa 1, se observa el volcán en reposo. En la etapa 2, se observa deformación por ascenso de magma –inflación–. En la etapa 3, se observa la erupción y deflación del volcán. (Van der Laat, Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica. OVSICORI).

### d) Vigilancia geoquímica

El monitoreo geoquímico consiste en determinar cambios en la composición química de las *fumarolas* y de las fuentes termales, variaciones que pueden estar directamente relacionadas con el movimiento o el ascenso de magma bajo un volcán.

magma muy viscoso deberá abrir conductos muy amplios, incluso de cientos de metros para poder moverse y las deformaciones serán enormes. Hay que tener presente que la deformación varía con la distancia y solo muy cerca del centro de emisión alcanza valores importantes.

El monitoreo de la *deformación* del suelo (Fig. II-9) consiste en detectar cambios en la topografía del volcán (inflación o deflación) relacionados con el ascenso de un volumen de magma introducido en el edificio volcánico. Existen varios métodos para medir la *deformación* de un volcán: la medida de la distancia horizontal entre una base fija y un punto reflector ubicado en los flancos del volcán, para lo cual se utiliza un distanciómetro electrónico (EDM) (Foto II-7); la medida de los cambios en la pendiente del cono volcánico utilizando inclinómetros electrónicos (*tiltmeters*); o la medida del desplazamiento del suelo en base a GPS (Global Positioning System).



**Foto II-7.** Implementación de la red geodésica en el volcán Ubinas (Foto: D. Espinoza, INGEMMET).

Las técnicas actuales de vigilancia geoquímica de los volcanes parten de considerar que la cámara magmática de los volcanes activos se encuentra en una constante desgasificación, incluso durante los periodos de reposo. Los gases magmáticos (dióxido de carbono  $\text{CO}_2$ , dióxido de azufre  $\text{SO}_2$ , vapor de agua  $\text{H}_2\text{O}$ ,

cloruro de hidrogeno HCl, Helio He, Radon Rn, etc.) al fluir por las rocas encajantes y aguas subterráneas, en algunos casos, reaccionan formando sales (cloruros, sulfatos, bicarbonatos, etc.) y gases ( $H_2S$ ,  $CH_4$ , etc.), además de transferirles propiedades físicas como la temperatura. Así se forma un sistema hidrotermal, que en la superficie se manifiesta como fumarolas, gases difusos, *geiser*, fuentes termales y frías (Fotos II-8 y II-9).

Al encontrarse los volcanes activos en reposo, esta desgasificación es constante, lo cual crea un equilibrio que se puede romper con el ascenso de nuevo magma, manifestándose en la variación de la composición química, tanto de gases como de las aguas del sistema.



**Foto II-8.** Toma de muestras de aguas y temperaturas, volcán Ticsani (P. Masías, INGEMMET).

#### e) Otros métodos

El seguimiento de las nubes de cenizas es otro tema que se está estudiando intensamente por su relevancia en la seguridad del tráfico aéreo, y debido al parecido que tienen estas nubes con las meteorológicas y que los sistemas de radar no son capaces de discriminar adecuadamente.

La combinación en tiempo real de información meteorológica y volcanológica permite, para al sistema aeronáutico, desarrollar sistemas para la alerta automática de la presencia de cenizas en el aire. Igualmente, para volcanes en crisis o aquellos que presentan actividad persistente, es importante contar con un sistema de cámaras que permita la vigilancia visual de forma remota; para poder obtener imágenes nocturnas, se está ensayando la utilización de cámaras infrarrojas.

El  $SO_2$  y el  $CO_2$  se consideran los componentes más significativos de la presencia de magma. La composición del gas volcánico consiste en realizar un muestreo directo de las fumarolas, que se analizan posteriormente en el laboratorio mediante las técnicas químicas habituales. Estos métodos brindan gran cantidad de información, pero resultan peligrosos al incrementarse la actividad volcánica.

Adicionalmente y debido a la dificultad y peligrosidad de realizar muestreos periódicos de las fumarolas de los volcanes activos, se utiliza el COSPEC o espectrómetro de correlación que permite determinar desde una distancia prudencial la concentración del gas de origen magmático  $SO_2$  en la columna de emisión.



**Foto II-9.** Toma de muestras de gases y temperaturas, volcán Misti (P. Masías, INGEMMET).

En la actualidad, se están desarrollando técnicas de sensores remotos desde satélites (Fig. II-10) y aviones, aplicadas a la actividad volcánica, a la medida de temperaturas, el control de la deformación y el seguimiento de la pluma volcánica, entre otras.

A diferencia de otros fenómenos meteorológicos, los radares de los aviones no pueden detectar la presencia de nubes de ceniza volcánica que puedan alcanzar las altitudes de crucero de las aeronaves. Por eso, la Organización de Aviación Civil Internacional (OACI) sigue muy de cerca las actividades volcánicas. Cuenta con un grupo especializado en la vigilancia de volcanes para la información, y alerta a las aerolíneas llamado Grupo de Operaciones Internacionales de Vigilancia de Volcanes (IAVWOG), que ha desarrollado un sistema capaz de determinar la posición exacta de las nubes de cenizas volcánicas, lo cual permite a los controladores aéreos establecer las trayectorias de vuelo para que las aeronaves puedan evitarlas.



*Dispersión de cenizas con dirección al Sur (14 de Agosto del 2006).*

Fig. II-10. Vigilancia Satelital, imagen ASTER del volcán Ubinas (INGEMMET).

## VOLCANES Y CLIMA

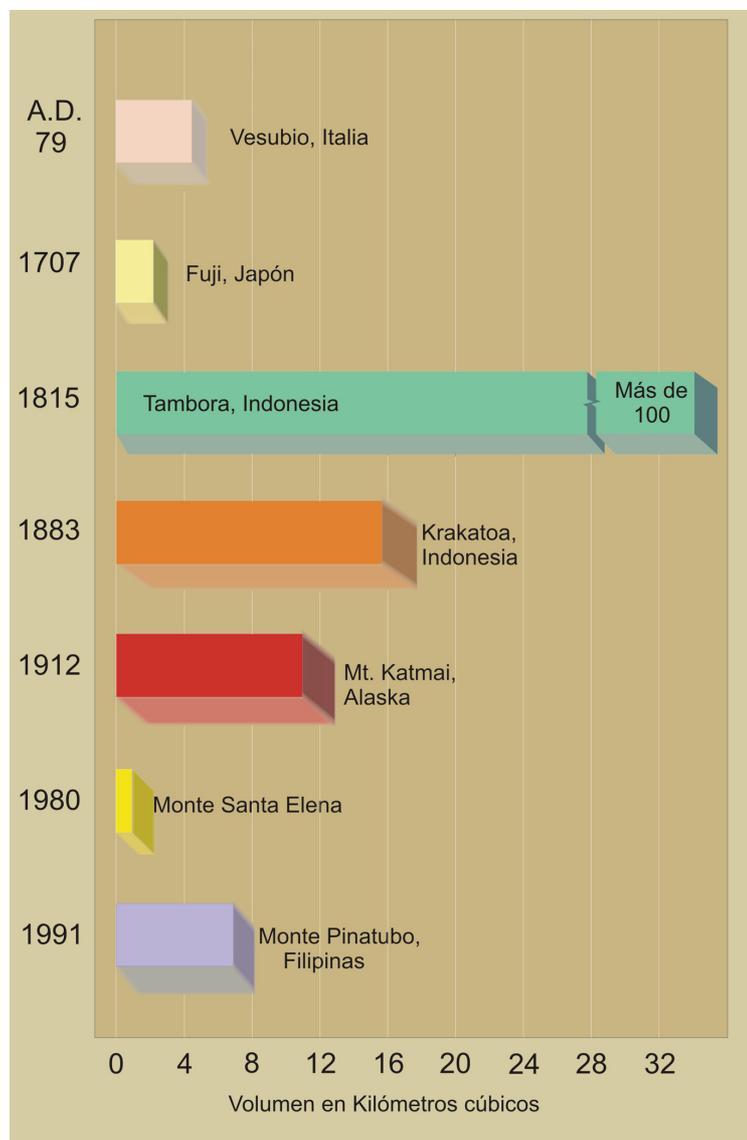
La idea de que las erupciones volcánicas explosivas modifican el clima de la Tierra fue propuesta por primera vez hace muchos años y todavía parece explicar algunos aspectos de la variabilidad climática. Las explosiones emiten a la atmósfera enormes cantidades de gases y fragmentos de grano fino.

Las grandes erupciones expulsan materiales hacia las zonas altas de la atmósfera, desde donde se expanden alrededor del globo terráqueo y donde permanecen durante meses o incluso años. La premisa básica es que este material volcánico en suspensión (el más importante, gotitas de ácido sulfúrico) filtrará una porción de la radiación solar incidente, y esto, a su vez, reducirá las temperaturas del aire en todo el planeta.

Quizás el periodo frío más notable relacionado con un acontecimiento volcánico sea el «año sin verano» que siguió a la erupción del monte Tambora en Indonesia en 1815. Se cree que la primavera y el verano anormalmente fríos de 1816, que hubo en muchas partes del hemisferio norte –entre ellos, Nueva Inglaterra–, fueron causados por la nube de restos volcánicos y de gases expulsados desde Tambora (Tabla II-2).

Cuando el monte Santa Helena hizo erupción en 1980, se generó una especulación casi inmediata: ¿puede una erupción de este tipo cambiar nuestro clima? Aunque parezca espectacular, una erupción volcánica explosiva única de la magnitud del monte Santa Helena, se produce en algún lugar del mundo cada 2 o 3 años. Estudios de estos acontecimientos indican que se produce un enfriamiento muy ligero de la atmósfera inferior. Sin embargo, dicho enfriamiento es tan ligero que no tiene trascendencia.

La enorme erupción del monte Pinatubo de Filipinas en 1991 proporcionó a los científicos otra oportunidad para evaluar la conexión entre vulcanismos y cambio climático. En ese año, este volcán emitió enormes cantidades de ceniza, así como entre 25 y 30 millones de toneladas de dióxido de azufre. El componente gaseoso se convirtió en una neblina de diminutas gotitas de ácido sulfúrico. Dado que este material estaba muy caliente, se elevó hasta alturas de entre 20 y 30 km, y rápidamente envolvió a todo el planeta. Esta neblina bloqueante del sol fue probablemente la más masiva desde la erupción del volcán indonesio Krakatoa, en 1883. Los estudios indicaron que la temperatura media global de la superficie terrestre disminuyó alrededor de 0,6 °C en comparación con la media del año anterior. Los científicos esperan obtener más información sobre la conexión volcán-clima, conforme se vayan analizando los datos subsiguientes.



**Tabla II-2.** Volumen aproximado de productos volcánicos emitidos durante erupciones muy conocidas. La erupción de Tambora en 1815, la mayor conocida en tiempos históricos, expulsó cientos de veces la cantidad de cenizas que expulsó el monte Santa Helena en 1980. (Extraído del libro Ciencias de la Tierra de Tarbut & Lutgens).



# CAPÍTULO III

## PROTECCIÓN ANTE ERUPCIONES VOLCÁNICAS

### INTRODUCCIÓN

Mucha gente que no ha vivido o presenciado una erupción volcánica, cree que el único problema que puede causar un volcán es calcinarlo si se encuentra dentro del radio de acción de los flujos de lava. Pero la realidad es muy distinta; un volcán en erupción, incluso aunque no expulse lava, puede afectar a personas, flora, fauna e infraestructura a muchos miles de kilómetros de distancia, debido a la emisión de cenizas volcánicas, lahares y/o flujos piroclásticos.

La mejor manera para evitar mayores desgracias es no permitiendo que comunidades se asienten cerca de los volcanes. La única medida de prevención efectiva en caso de erupción volcánica es la evacuación temprana. Los servicios de salud y la población deben buscar de las autoridades información al día sobre las zonas de riesgo de impacto y la probabilidad de explosión. En la salud, el impacto se refiere a los traumas, las quemaduras en la piel y heridas por vidrio volcánico. En caso de poblaciones presentes en la zona de impacto, se debe reducir la exposición (no salir a las áreas exteriores).



Foto III-1. Poblador de Ubinas observando una explosión, 23 de marzo de 2007 (Foto: José Acosta).

### PREDICCIÓN DE ERUPCIONES VOLCÁNICAS

Aunque se ha hecho un progreso notable en el pronóstico a largo plazo de erupciones volcánicas, las técnicas de monitoreo no han progresado al punto de ofrecer predicciones precisas. Para propósitos de alerta al público y para evitar falsas alarmas que crean desconfianza y caos, las predicciones ideales deben proporcionar información precisa respecto al lugar, fecha, tipo y magnitud de la erupción.

La mejor base para pronosticar una erupción a largo plazo (dentro de un año o más) es mediante estudios geológicos de la historia de cada volcán. Cada erupción deja un registro en forma de camas de lava y capas de depósitos de ceniza que se puede estudiar para determinar la fecha de la erupción, la extensión de las corrientes y el periodo de tiempo entre erupciones (periodo de recurrencia).

Es imprescindible que la población conozca el medio natural volcánico en el que vive, tenga percepción del riesgo y asuma las medidas de autoprotección necesarias. Como ejemplo podemos citar el desastre ocurrido en el pueblo de Armero (Colombia), que fue arrasado por un lahar, provocado por una pequeña erupción

del volcán Nevado del Ruiz en 1985 (Foto III-2): a pesar de que hubo vigilancia, mapas de peligro, predicción y orden de evacuación, la población no respondió por desconocimiento de la magnitud real del fenómeno del que se trataba.



**Foto III-2.** Ciudad de Armero, después de la erupción del Nevado de Ruiz, donde fallecieron 23 000 personas.(Foto: INGEOMINAS).

## PROTECCIÓN E INCERTIDUMBRE

Durante años, uno de los aspectos de mayor interés y preocupación de los profesionales, funcionarios e investigadores involucrados en la prevención y atención de desastres, ha sido la respuesta de la población ante situaciones de riesgo, alertas, predicciones y pronósticos de desastres. El conocimiento de los fenómenos generadores de amenaza o peligro ha avanzado notoriamente, pero sigue siendo, en muchos de los casos, un proceso difícil de modelar por las ciencias físicas, debido a sus características aleatorias y a sus niveles de incertidumbre e imprecisión asociados.

En muchos casos de vigilancia, monitoreo y observación de fenómenos naturales como la actividad volcánica, sísmica o hidrometeorológica, se llega a un nivel de clímax en la sintomatología de los fenómenos que hace inferir, a quienes los estudian, en el desencadenamiento de un evento peligroso. Sin embargo, en muy pocas ocasiones existe la certeza de la ocurrencia del evento y de su magnitud, lo que significa que aún en las circunstancias más apremiantes también existe la posibilidad que no ocurra nada o que el evento supuestamente esperado no pase de ser un fenómeno menor sin mayores consecuencias.

Pero además de la incertidumbre y la falta de certeza que acompaña a los científicos y de la angustia que los invade –dado que de su apreciación y advertencia anticipada pueden depender en ocasiones cientos de vidas expuestas–, uno de los problemas más delicados es la información y la manera como se debe informar a la población para que reaccione bien; de tal manera que se tomen medidas de protección adecuadas que reduzcan o eviten el daño y en particular, en determinado momento, para que salven vidas. Este último aspecto ha sido tratado recientemente de manera más profunda por los científicos de las Ciencias Sociales, pues la respuesta y la reacción de la población dependen de una serie de situaciones y percepciones que –de no tenerlas en cuenta– conducen a fracasos, como lo demuestran muchos estudios de caso en los que incluso contando con la mejor tecnología predictiva y los recursos suficientes para atender a una comunidad se ha dado un desastre.

La aplicación de medidas preventivas no garantiza una confiabilidad del 100% de que no se presenten consecuencias, razón por la cual el riesgo no puede eliminarse totalmente. Su valor, por pequeño que sea, nunca será nulo; por lo tanto, siempre existe un límite

hasta el cual se considera que el riesgo es controlable, a partir del cual no se justifica aplicar medidas preventivas. Todo valor que supere dicho límite se le cataloga como un riesgo incontrolable y su diferencia con el mismo se le considera como un riesgo admisible o aceptable.

Para el caso de Ubinas (Foto III-3), al no contar con un monitoreo permanente y con información anterior a la crisis que indique el

comportamiento eruptivo, las autoridades tomaron la decisión de evacuar a más de 3000 personas a albergues, porque además se avistó en el cráter un cuerpo de lava y no había instrumentación que permitiera observar lo que sucedía dentro del edificio volcánico. La incertidumbre obligó a las autoridades a tomar la decisión para salvaguardar la vida de las personas.



**Foto III-3.** Población de Ubinas reunida con sus autoridades para la toma de decisión de ejecutar la evacuación de la población (Foto: R. Amache, PREDES).

## PREVENCIÓN ANTE ERUPCIONES VOLCÁNICAS

La prevención volcánica se define como el conjunto de medidas adoptadas con el objetivo de reducir el riesgo volcánico que implica actuar antes de que ocurra una erupción y durante el desarrollo de la misma. Cualquier medida de prevención exige un conocimiento previo de los procesos volcánicos y los peligros derivados, en función de las características particulares de cada área volcánica.

La mejor barrera de protección que puede tener cualquier sociedad expuesta a los desastres, es precisamente la prevención. La prevención, se refiere a todas las acciones e iniciativas orientadas a evitar que los efectos causados por fenómenos naturales o inducidos por el hombre, se conviertan en desastres, o en otras situaciones de emergencia, es decir, se traduzca en registros de

personas heridas o muertas, o en elevados índices de pérdidas materiales y económicas, muchas veces irreparables. Una efectiva prevención debe contemplar, cuatro aspectos importantes e imprescindibles:

### Organización

Es la estructura administrativa mínima requerida para la distribución especializada y adecuada de las tareas que se requieran según el tipo de fenómeno, los riesgos y los recursos con los que se disponga (Foto III-4). Asimismo, incluye la estructuración de todo un plan de operaciones.

### Riesgos-recursos

Aquí se plantea el análisis y evaluación objetiva de los riesgos, es decir todo aquello que pueda causar daños o presentar alguna dificultad para proporcionar seguridad a las personas y a las cosas.

De la misma manera, se debe realizar una clasificación o inventario y disponibilidad de los recursos requeridos para el éxito total de las estrategias de acción que se requieran, según el tipo de riesgos al que se haga frente.

### Comunicación

Este aspecto abarca: divulgación de planes de prevención y los equipos y medios disponibles para que las personas se comuniquen. Asimismo, incluye el uso de códigos de comunicación lingüística o de otro tipo, acordados para actuar o transmitir la información preventiva necesaria.

### Tácticas de acción preventiva

Las tácticas son aquellas acciones concretas a ponerse en práctica, para enfrentar una situación dada. Las tácticas deben plantearse en una secuencia cronológica y organizarse según tres etapas: Antes, durante y después. También deben ejecutarse de un modo específico, según el tipo de evento, las condiciones del lugar en donde se ponga en práctica y las personas a las que se estén dirigidas esas tácticas. Además, deben perseguir un fin determinado y deben permitir una evaluación.



**Foto III-4.** Comité Regional de Defensa Civil de Arequipa, en la elaboración de planes de contingencia ante erupciones volcánicas. Esto en momentos en que el volcán Misti se encuentra activo, pero no en fase eruptiva. Ejemplo a seguir en planes de prevención de desastres. (Foto: L. Macedo, INGEMMET).

**No debemos esperar que el volcán entre en erupción para recién iniciar los planes de prevención o la gestión del riesgo; esto debe hacerse con mucho tiempo de antelación.**

### ENTRENAMIENTO Y PARTICIPACIÓN DE LA COMUNIDAD

Debido a que a menudo existe un largo periodo entre los sucesos volcánicos, los funcionarios del Gobierno y los geocientíficos se enfrentan a desafíos especialmente difíciles pero necesarios al tener que proporcionar mayor información al público respecto a las amenazas volcánicas y su riesgo potencial. Como parte de sus funciones es necesario incluir:

- Modernización constante de las técnicas de monitoreo e interpretación de la información; evitando así falsas alarmas mediante la inversión en equipo y entrenamiento.
- Preparación de material educativo para el público, incluyendo videos, manuales de entrenamiento y afiches.
- Recomendación y promoción de programas nacionales e internacionales para promover la investigación volcánica y capacitación profesional.
- Atraer la cooperación de las comunidades locales, promoviendo la participación en la formulación de medidas de mitigación para entender en forma más cabal las amenazas volcánicas, dificultades en la predicción y confianza en el juicio de las autoridades (Fotos III-5 y III-6).



**Foto III-5.** Capacitaciones a la población de Alto Selva Alegre, en Arequipa, sobre el peligro volcánico (Foto: L. Macedo, INGEMMET).



**Foto III-6.** La población de Alto Selva Alegre se informa sobre la ubicación de sus viviendas respecto al mapa de peligros del volcán Misti, así asume sus riesgos y trabaja con sus autoridades en planes de prevención. (Foto: L. Macedo, INGEMMET).

### ¿Qué hacer antes de una erupción volcánica?

- Si vive en una zona cercana a un volcán siempre debe estar preparado para una evacuación ya que por más que este volcán parezca estar dormido, existe alguna posibilidad de que este despierte y comience a reactivarse. Además, debe tener en cuenta que por vivir cerca de una zona volcánica también tendrá que estar preparado para diferentes



**Fotos III-7 y III-8.** Verificación en campo de las rutas y etapas de evacuación en Arequipa. Este proceso se realizó con representantes de todas las instituciones públicas de Arequipa; se llevó a cabo una prueba en vacío antes de la ejecución del simulacro. (Foto: L. Macedo, INGEMMET).

- Reconocer el lugar de encuentro. Si se presenta la posibilidad de que ocurra una erupción y puede verse afectado, probablemente la única medida de prevención correcta sea evacuar. Entonces se debe tener en cuenta la ubicación de albergues anticipadamente.
- Enterarse de las medidas del plan de contingencia de su localidad.
- Tener a la mano los documentos de valor (DNI, títulos de propiedad, etc.).
- Si hay enfermos en su familia, reportarlos previamente a las autoridades para asegurarles el transporte adecuado en caso de una evacuación.
- Se debe estar atento a las alarmas (sirenas, campanas, silbatos, bocinas, etc.). Estas le avisarán que la erupción puede ocurrir y que es momento de evacuar.
- Mantener almacenada agua potable y alimentos no perecederos para disponer de ellos en el momento de una eventual evacuación (debe cambiarlos con regularidad).
- Cubrir los depósitos de agua para evitar que se contaminen de cenizas o gases.

movimientos telúricos como terremotos o también inundaciones y tempestades eléctricas.

- Debe conocer el mapa de los peligros volcánicos. Allí se delimitan las zonas de alto, mediano y bajo peligro.
- Debe identificar las rutas y etapas de evacuación (Fotos III-7 y III-8), tener prevista la posibilidad de alojarse temporalmente en casa de un familiar o amigo que no viva en la zona de riesgo.



- Si tiene animales, reservarles su alimento, agua y evitar que los consuman si están contaminados con ceniza.
- Mantener un maletín de evacuación, el cual debe contener:
  - ✓ Máscaras *anti-smog* o pañuelos que deben usarse para facilitar la respiración.
  - ✓ Un par de anteojos de natación (son los llamados *goggles*) y también una mascarilla que sea desechable.
  - ✓ Pantalones largos y también polos o camisas de mangas largas de algodón. Cada uno de estos debe ser para cada uno de los miembros de su familia, pero si por algún motivo no puede contar con estos elementos, entonces, prepara pañuelos para que puedan cubrir sus rostros.
  - ✓ Toda su familia debe saber cómo actuar frente a una próxima erupción, es decir, deben saber que se debe cortar el suministro de gas, luz y agua, además de tener siempre listo los números de emergencia (Defensa Civil, Bomberos, Policía, Cruz Roja, etc.).
  - ✓ En caso que su familia no se encuentre reunida cuando se dé la erupción, todos deben haber acordado un lugar de reunión.

- Ponerse alerta a las instrucciones que den las autoridades y no prestar atención a rumores.
- Realizar simulacros de evacuación con la familia y con los pobladores del barrio donde vive.
- Para lograr todo lo mencionado antes, es necesario practicarlo por medio de los simulacros y simuladores, donde se trabaja en base a escenarios eruptivos y se contempla las necesidades en un caso real, así como las acciones a ejecutarse (Fotos III-9 y III-10).



Foto III-9. Simulacro de evacuación por erupción del volcán Misti, distrito de Alto Selva Alegre (Foto: B. Zavala, INGEMMET).



Foto III-10. Evacuación de la población de Alto Selva Alegre hacia los refugios en el simulacro (Foto: B. Zavala, INGEMMET).

## ¿Qué hacer durante una erupción volcánica?

La magnitud de los desastres y la vulnerabilidad familiar en ocasiones exige el traslado a lugares de evacuación, ya sean casas de familiares, amigos o centros acondicionados para el evento dentro de la comunidad. El grupo familiar debe estar consciente de que ante una situación como esta, la prioridad principal es salvar vidas humanas.

Los individuos más vulnerables son los niños, las embarazadas, los ancianos, los enfermos y los discapacitados. Por este motivo, tienen que ser especialmente protegidos por la familia y la comunidad, al igual que aquellas personas vulnerables que vivan solas, a las cuales las familias vecinas o allegadas y la comunidad deben brindar la máxima atención. Si una persona requiere ser evacuada, debe llevar consigo sus documentos de identificación, una mínima provisión de agua potable y de alimentos enlatados o de fácil conservación, algunas prendas de vestir o abrigo, y para los niños, algún juguete de su preferencia. Los medicamentos de todos y cada uno de los miembros de la familia deben estar incluidos.

- **Si tiene que ser evacuado...**
  - Ante todo se debe conservar la calma; el pánico puede producir más víctimas que el fenómeno natural.
  - Nunca ignore un aviso oficial de evacuación (Foto III-11). Cuando le avisen que debe evacuar el área, hágalo inmediatamente y no espere hasta el último minuto para irse. Escuche la radio para obtener información sobre rutas de salida para los evacuados.
  - Reúna rápidamente a su familia, especialmente a niños y ancianos, que son las personas más vulnerables en esos momentos.
  - *Lo más importante es su vida*, si hay tiempo, llévese provisiones para emergencias. Mantenga la calma y recuerde que su seguridad y la de su familia son más importantes que su propiedad y sus bienes personales.
  - Si tiene tiempo, cierre el gas y corte la luz. Siempre cierre su casa con llave al salir.
  - Movilícese con calma y rapidez y no se arriesgue. Si es posible, llévese un radio portátil para escuchar las instrucciones de emergencia.
  - Sepa a dónde se va a dirigir antes de salir y siga siempre las rutas de evacuación que sean sugeridas. Puede haber obstáculos peligrosos en las rutas alternas.
  - Cumplir con los planes de emergencia acordados.
  - Si se encuentra fuera de casa, no intente ingresar a la zona de riesgo, diríjase hacia lugares alejados del volcán.
  - Aléjese de los valles y ríos por donde puedan descender flujos de ceniza y rocas calientes, lodo (lahares) y

emanaciones de gases. Procure no estar cerca de terrenos que hayan sufrido derrumbes.

- Si la ceniza volcánica comienza a caer, ponga en práctica las siguientes recomendaciones:
  - ✓ Busque refugio bajo techo y permanezca allí hasta que el fenómeno haya pasado.
  - ✓ Respire a través de una tela humedecida en agua o vinagre, esto evitará el paso de los gases y el polvo volcánico.
  - ✓ Proteja sus ojos manteniéndolos cerrados tanto como sea posible.
  - ✓ Cúbrase con un sombrero y ropas gruesas.
  - ✓ En caso de una fuerte lluvia de ceniza no utilice vehículos.
  - ✓ La única protección contra la lluvia de ceniza y material volcánico de tamaño considerable son los refugios y techos reforzados.
- Debido a que las explosiones del volcán pueden causar ondas de aire o de choque que pueden romper los vidrios de las ventanas, coloque cintas adhesivas en forma de X o, en última instancia, ponga tablas que impidan la caída violenta de estos.
- Si fue evacuado y se encuentra en un albergue, mantenga la calma; ahí recibirá alimentos, atención médica, etc. Además, podrá participar en las labores de mantenimiento del mismo.

## ¿Qué hacer después de una erupción volcánica?

- Permanezca en el lugar seguro hasta que las autoridades le informen que ha vuelto la normalidad (Foto III-12). ¡No intente regresar antes a su hogar!
- Mantenga la radio sintonizada para recibir instrucciones.
- Antes de entrar a su casa revise que se encuentre afectada por la erupción.
- Evite utilizar las líneas telefónicas, caminos, transportes, servicios médicos y hospitalarios si no es estrictamente necesario. Muchas personas pueden necesitarlos con real urgencia.
- Elimine la acumulación del material volcánico caído sobre los techos, estos podrían derrumbarse. Este riesgo crece si se presenta lluvias ya que el agua aumenta el peso de los materiales volcánicos sobre los techos (un metro cúbico de ceniza húmeda puede llegar a pesar más de una tonelada).
- Colabore con las tareas propias de atención y recuperación de la emergencia.
- No coma ni beba ningún alimento que sospeche se encuentre contaminado.



**Foto III-11.** Evacuación por erupción de la población de Querapi y Ubinas al incrementarse actividad eruptiva del volcán Ubinas (Foto: PREDES).



**Foto III-12.** Campamento de Chacchagen, donde se albergó a la población de Ubinas, Tonohaya, San Miguel y Escacha, como medida de prevención por incremento de actividad eruptiva del volcán Ubinas en el año 2006. (Foto: J. Mariño, INGEMMET).

### Necesidades básicas después del desastre

La respuesta a la erupción volcánica debe efectuarse en forma rápida y eficiente. Inicialmente, las autoridades locales deben asegurar que el área sea evacuada y que se preste atención a las

víctimas. Normalmente es necesario contar con alimentación y refugio, lo cual puede complementarse con donaciones o personal de fuentes extranjeras (Fotos III-13 y III-14).



Foto III-13. Ayuda humanitaria que recibieron los pobladores de Ubinas en 2006 (Foto: J. Acosta, Municipalidad de Ubinas).



Foto III-14. La ayuda humanitaria en Ubinas no solo constó de alimentos, enseres y ropa, también consistió de máscaras, lentes, entre otros. (Foto: J. Acosta, Municipalidad de Ubinas).

La respuesta secundaria de parte de las autoridades locales consiste en la reubicación de las víctimas y la entrega de ayuda financiera para el reemplazo de las viviendas, la agricultura y los pequeños comerciantes. Cuando ocurren desastres volcánicos, ocasionalmente se requiere de albergues temporales; sin embargo, más a menudo, como es el caso de volcanes grandes como el Nevado del Ruiz, Pinatubo y el monte Santa Helena, las erupciones continúan de modo que amenazan a grandes poblaciones por meses o años. En este caso es necesario contar con residencias

permanentes o con asentamientos de emergencia a largo plazo. Asimismo, debe enfatizarse el restablecimiento de la infraestructura y comunicaciones que han sido dañadas o interrumpidas.

En el caso de Ubinas, la erupción (con IEV 1) duró alrededor de tres años durante los cuales se presentaron explosiones y caída de ceniza. Estas manifestaciones fueron inestables a lo largo de este periodo, lo que causó temor y preocupación entre las autoridades y la población que se encontraba refugiada en los albergues (Foto III-15).



Foto III-15. Foto del albergue de Anascapa, donde la población de Ubinas permaneció por poco más de un año. Cuando la actividad eruptiva del volcán se calmó, la población regresó a sus viviendas. (Foto: J. Mariño, INGEMMET).

- **Medidas generales de seguridad después de un desastre natural**
  - Ante todo, asegúrese de que su familia no se encuentre amenazada por ningún peligro.
  - Verifique si alguien está herido. Si son heridas menores, trátelas con primeros auxilios. Busque ayuda médica para las heridas más graves.
  - Brinde toda su cooperación a las autoridades locales, grupos de rescate y de la Cruz Roja.
  - Si es posible, ayude a encontrar refugio, alimento, ropa, transporte y ayuda médica para las víctimas.
- Obedezca los reglamentos de salud implementados para proteger su salud y la de su comunidad contra enfermedades y epidemias. Siga las normas de seguridad y las de preparación de alimentos y agua.
- Solo utilice el teléfono en caso de emergencia, de lo contrario, solamente logrará congestionar las líneas telefónicas. Las líneas telefónicas no están equipadas para controlar el inmenso número de llamadas después de un desastre. Escuche una emisora local para obtener la información más reciente sobre el desastre.
- Notifique a sus familiares que está en un lugar seguro. Las autoridades locales pueden perder tiempo en su búsqueda

si usted no les avisa que se encuentra bien. Puede ser más fácil hacer una llamada telefónica fuera del área del desastre. Si es posible, tenga un contacto fuera del lugar que pueda comunicarse con sus familiares y amigos en otras partes del país. Esto ayuda a que las líneas telefónicas en el área afectada no se encuentren copadas de llamadas.

## ORDENAMIENTO TERRITORIAL

El Perú es un país geográficamente diverso, con relieves accidentados y geo-formas muy variadas que determinan su variabilidad climática, con múltiples ecosistemas y una biodiversidad única en el mundo. En este contexto, por un lado, los modos de ocupación del territorio por el hombre se dieron de manera espontánea y circunstancial, lo que generó un caos y desequilibrio en la ocupación del territorio nacional.

Es así, que hace pocos años se trabaja en el ordenamiento territorial, el cual es el conjunto de acciones emprendidas por las autoridades y las organizaciones para orientar la transformación, ocupación y utilización del espacio geográfico, buscando su desarrollo socioeconómico y teniendo en cuenta las necesidades e intereses de la población, las potencialidades del territorio y la armonía con el medio ambiente.

La finalidad principal del ordenamiento territorial es contribuir con el desarrollo sostenible. Es claro que sin un conocimiento adecuado

de las posibilidades del espacio físico, la sostenibilidad del desarrollo sería incierta. Desde el informe Brundtland, carta que Gro Brundtland dirigió al comisionario Sicco Hansholt utilizando por primera vez el término desarrollo sostenible en 1987, el desarrollo sostenible se define como «el proceso capaz de satisfacer las necesidades de las generaciones presentes sin comprometer las necesidades de las futuras».

Dentro de las acciones para determinar la utilización del suelo se debe también identificar las zonas de riesgo por fenómenos naturales o los provocados por el hombre. Con referencia al tema del peligro volcánico se debe zonificar, en función de la información proporcionada por los mapas de peligro volcánico, para la planificación de la utilización del suelo y la gestión del riesgo, con el fin de mitigar el impacto que puede provocar la erupción.

Para la zonificación de aéreas en riesgo, es necesaria la normativa por medio de Ordenanzas Municipales, pero además es necesaria la señalización de estas zonas para delimitar las zonas de riesgo y estas sean respetadas por la población. Esta ordenanza arrojó buenos resultados en el distrito de Alto Selva Alegre en Arequipa (Fotos III-16 y III-17), ya que desde que se emitió la Ordenanza Municipal en 2007 señalizando los límites de expansión urbana hacia el volcán Misti, esta ha sido respetada gracias a la señalización y a la población sensibilizada en el tema.



Fotos III-16 y III-17. Límite de expansión urbana bajo Ordenanza Municipal en el Distrito de Alto Selva Alegre. (Foto: L. Macedo, INGEMMET).

## LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRE

La gestión del riesgo de desastre (GRD) es el conjunto de decisiones administrativas, de organización y conocimientos operacionales desarrollados por sociedades y comunidades para implementar políticas y estrategias, y para fortalecer sus capacidades, con el fin de reducir el impacto de amenazas naturales y de desastres

ambientales y tecnológicos. Esto involucra todo tipo de actividades, incluyendo medidas estructurales (por ejemplo: construcción de defensas fluviales para evitar el desbordamiento de un río) y no-estructurales (por ejemplo, la reglamentación de los terrenos para fines habitacionales), para evitar o limitar los efectos adversos de los desastres.

## Estimación del riesgo

La estimación del riesgo es el conjunto de acciones y procedimientos que se realizan en un determinado centro poblado o área geográfica, a fin de obtener información sobre la identificación de los peligros naturales y/o tecnológicos y analizar las condiciones de vulnerabilidad, para determinar o calcular el riesgo esperado (probabilidad de daños: pérdida de vidas e infraestructura). Se debe identificar:

- Los peligros naturales y/o tecnológicos
- El análisis de las condiciones de vulnerabilidad
- El cálculo del riesgo esperado (probabilidades de daños: pérdidas de vidas e infraestructura)
- **¿Por qué es importante la estimación del riesgo?**

Porque:

- Contribuye a cuantificar el nivel de daño y costos sociales y económicos de un centro poblado o área geográfica frente a un peligro potencial.
- Constituye una garantía para la inversión en los casos de proyectos de desarrollo.
- Permite adoptar medidas preventivas y de mitigación/reducción de desastres.
- Constituye un elemento para el diseño y adaptación de medidas de prevención específica, como la preparación/educación de la población para una respuesta adecuada durante una emergencia y también para crear una cultura de prevención.
- Permite racionalizar los potenciales humanos y los recursos financieros en la prevención y atención de los desastres.

## Análisis del riesgo

Dentro de los factores de vulnerabilidad, también es importante considerar aspectos propios de la organización social y de la gestión que poseen las comunidades para hacer frente a una emergencia, desastre o reactivación de origen volcánico, como por ejemplo:

- Factores culturales de la comunidad local
- Nivel de conocimiento de los riesgos a los que la comunidad está expuesta
- Tipo y diseño de las viviendas
- Densidad y distribución de la población
- Nivel de equipamiento e infraestructura de servicios
- Densidad de la red vial
- Diversidad de la economía local

- Nivel de gestión frente al riesgo volcánico
- Nivel de capacitación y preparación de los organismos e instituciones miembros del Comité Regional y Provincial de Defensa Civil.

Desde la perspectiva del riesgo (relación entre factores de amenaza y factores de vulnerabilidad), los estudios y análisis de vulnerabilidad son efectuados a través del trabajo científico y el estudio del comportamiento pasado y actual del volcán. Si entendemos el comportamiento de estos procesos y analizamos la vulnerabilidad, podremos identificar la gestión necesaria para prevenir o mitigar sus efectos.

## Gestión del riesgo volcánico

A continuación un cuadro sobre la gestión del riesgo propuesto por el Sistema Estatal de Protección Civil de Chiapas México.

### Identificación del riesgo

La identificación del riesgo es el primer paso que permite conocer los fenómenos a los cuales está expuesta la zona, los mecanismos de encadenamiento que pudieran ocurrir por la presencia de algún fenómeno y la ubicación de los puntos en los cuales pueden presentarse los agentes perturbadores capaces de provocar un desastre, por lo cual es conveniente llevar a cabo las siguientes tareas:

- Analizar los fenómenos volcánicos que inciden en la zona, y los agentes que pudieran provocar en desastres.
- Determinar los riesgos volcánicos y jerarquizarlos.
- Localizar geográficamente los riesgos, determinando el área afectada y las diversas zonas de riesgo.

### El peligro y el desastre

Los fenómenos naturales siempre encierran un potencial de peligro, ya que cuando ocurren, existe una alta probabilidad que provoquen daños en las personas y en sus bienes. Es este caso se convierten en una amenaza. Sin embargo, también existen fenómenos naturales de considerable fuerza que no necesariamente son una amenaza, al no existir comunidades humanas en su entorno de influencia. Tal es el caso, por ejemplo, de un sismo fuerte en una zona desértica.

Ahora bien, para que un fenómeno natural sea peligroso para las personas, se deben dar ciertas condiciones de vida en su entorno, como asentamientos humanos mal ubicados, ambiente deteriorado, hacinamiento, escasez de recursos económicos, educación inadecuada, abandono de las autoridades, desorganización, entre otros. Todos estos elementos conforman una población altamente vulnerable, es decir, una población que está expuesta a recurrentes amenazas de los fenómenos naturales, es una población que vive

**Tabla III-1**  
**Gestión del riesgo según el fenómeno natural al que se debe enfrentar**

<b>Amenaza/peligro</b>	<b>Factores de vulnerabilidad</b>	<b>Tipo de gestión</b>
<b>Sismicidad</b>	Deslizamientos, derrumbes en áreas cercanas al volcán, vías terrestres cercanas, viviendas antiguas o en mal estado, debilitamiento de obras civiles (represas, puentes, etc.).	Registro de la sismicidad, monitoreo de laderas del volcán, observación de la estructura de viviendas y obras civiles.
<b>Flujo piroclástico</b>	Transporte aéreo, ferroviario y en carreteras; visibilidad; y la salud de las personas.	Determinación de las áreas de restricción aledañas al volcán; determinación de la población cercana al volcán a evacuarse.
<b>Bombas volcánicas</b>	Áreas aledañas al cráter, laderas del edificio volcánico.	Determinación del área de restricción (cercanas al cráter).
<b>Caída de ceniza</b>	Tipo y diseño de viviendas (techos), densidad de la población, suelos agrícolas o animales, elementos ambientales (aire, agua, suelo), dirección predominante del viento	Monitoreo de la dirección del viento, restricción a zonas determinadas, despeje de vías principales, evacuación de la población cercana al volcán, atención especial a personas vulnerables (enfermos, ancianos, niños), análisis de aguas y suelos, movilización de ganado a sectores seguros; alimentación del mismo; etc.
<b>Flujo de lava</b>	Zonas aledañas a quebradas y laderas próximas al volcán.	Restricción a zonas afectadas, monitoreo a caudales y cañadas.
<b>Lahar</b>	Asentamientos humanos ubicados en zonas aledañas a quebradas, pendientes, laderas y valles próximos al volcán; infraestructura vial y obras de ingeniería (represas, puentes, etc.).	Limpieza y encausamiento de las quebradas que bajan del volcán; prohibición de nuevas construcciones habitacionales en áreas de alto peligro; reforzamiento de obras civiles; evacuación de la población cercana a ríos y quebradas cercanos al volcán y en su trayecto.
<b>Gases/ Lluvia ácida</b>	Población, flora, faunas aledañas al volcán.	Análisis de aguas, suelo, flora y fauna. Protección de fuentes de agua potable (pozos, vertientes) y alimentos. Evacuación de personas y animales de zona afectada.

en riesgo permanente, pues supone que en cualquier momento puede ocurrir un desastre.

No tener conciencia del riesgo en el que se encuentra una población es el caldo de cultivo para que ocurra un desastre, ya que si no se conoce no se puede actuar sobre él para manejarlo. Contrariamente a lo que se piensa comúnmente –que un desastre es un evento esporádico, como un gran terremoto, con miles de muertos y destrucción masiva–, podemos señalar que en nuestro país, las poblaciones se enfrentan recurrentemente a situaciones de desastre, como huaicos, inundaciones, incendios, que afectan tanto o más que los grandes desastres, ya que van aumentando la vulnerabilidad de la población, su pobreza y desesperanza.

En otras palabras, un desastre ocurre cuando un evento o fenómeno natural se convierte en peligro (o amenaza), pues puede afectar negativamente a una comunidad, la cual al no contar con suficientes capacidades (económicas, educativas, de infraestructura, etc.) para enfrentar este peligro, se convierte en vulnerable; por ejemplo, es el caso de personas sin recursos que viven en sitios propensos a inundaciones. Pero este hecho no es el único, se deben tomar en cuenta las zonas altamente turísticas, donde la población existente se encuentra solo de paso y desconoce los peligros de la zona. Esto se materializa luego de un evento, en un desastre como el caso ocurrido en el 2010 en la ciudad de Aguas Calientes en el Cusco, muy cerca al muy famoso Machu Picchu (Foto III-18).



**Foto III-18.** Una decena de muertos, diez mil damnificados y dos mil viviendas colapsadas fueron las cifras de las inundaciones registradas en Cusco, luego de las inundaciones ocurridas en febrero de 2010. (Foto: diario La República.).

## PLANES DE EMERGENCIA

El plan de emergencia como documento formal, establece el escenario y objetivos específicos que deriven en la asignación de tareas, responsabilidades y recursos necesarios para salvaguardar la vida y el patrimonio, frente a los desastres de cualquier índole, conteniendo las decisiones explícitas y coherentes que involucren a las instituciones y personal responsable, definiendo la utilización coordinada de los recursos con el propósito de cumplir con los objetivos encomendados.

La planificación ante una emergencia por erupción volcánica se actualiza a partir de información aportada por el sistema de vigilancia y los mapas de peligros establecidos para la actividad que presenta el volcán. Para la planificación de la emergencia, es muy útil construir el árbol de evolución del volcán, donde se contemplan todas las posibilidades que puedan presentarse (la probabilidad de que ocurra una erupción y sus consecuencias). La implementación del semáforo del volcán es la mejor opción para la comunicación entre los distintos estamentos involucrados y la población.

Una cosa es contar con un plan y que este se encuentre en el papel, pero otra es que la población lo conozca y que se practiquen simulacros, se implementen sistemas de alarma, se capacite a la población (Foto III-19). En resumen, la población debe saber qué hacer en el momento de la crisis; esta es la forma de evitar la pérdida innecesaria de vidas.

## Desarrollo de planes de emergencia volcánica

El plan de emergencia para cada volcán contiene usualmente los siguientes elementos:

- Identificación y trazado de mapas de las zonas de peligro; registro de propiedad valiosa y movable (incluyendo efectos personales de fácil transporte).
- Establecimiento de una secuencia de alerta que identifique los niveles de alerta con objeto de simplificar las comunicaciones a los funcionarios públicos como marco estructural dentro del cual se planifiquen las respuestas de emergencia de la población en caso de una erupción peligrosa.
- Identificación de zonas de refugio seguro donde la población será evacuada.
- Identificación de rutas de evacuación, mantenimiento y autorización para utilizar aquellas rutas.
- Identificación de puntos de reunión para las personas que esperen transporte para la evacuación.
- Medios de transporte y control del tráfico.
- Organización en el albergue.
- Inventario del personal y equipo para búsqueda y rescate.



**Foto III-19.** Elaboración del plan de contingencia ante erupción del volcán Misti, en Alto Selva Alegre (Foto: L. Macedo, INGEMMET).

- Servicios hospitalarios y médicos para el tratamiento de las personas heridas.
- Protección de las zonas evacuadas para evitar el pillaje.
- Procedimientos de alerta de emergencia.
- Formulación y comunicación de avisos al público y procedimientos para realizar las comunicaciones en caso de emergencia.
- Disposiciones para revisar y poner al día el plan.
- Elaborar estadísticas del sistema potencialmente afectables (vitales, de apoyo y complementarios), determinando su tipo, calidad y capacidad.

### Escenarios eruptivos

Con la información obtenida del registro geológico y conociendo gran parte de las características del comportamiento eruptivo del volcán, se puede llegar a elaborar los escenarios eruptivos, si en determinadas erupciones tuvo un comportamiento eruptivo de tal magnitud y con tales características, en una próxima erupción puede tener un comportamiento eruptivo similar. Además, debe considerarse que incluso en un mismo volcán se puede presentar varios escenarios eruptivos, algunos de gran magnitud y otros de moderada o baja magnitud. Debe valorarse también la probabilidad de ocurrencia, según el periodo de recurrencia.

Podemos considerar entonces los siguientes pasos:

### Determinación de sistemas afectables

Existen diferentes sistemas que pueden ser afectados por la ocurrencia de un desastre, el conocimiento de ellos permite establecer los criterios y prioridades para la realización de tareas ante una situación de emergencia, que permitan evitar o mitigar el efecto de los fenómenos perturbadores en esos sistemas. Dichas tareas son las siguientes:

Obtener o elaborar el censo de los núcleos de población potencialmente afectables, obteniendo la siguiente información;

- Cantidad de habitantes por distrito, asentamiento humano, urbanización, barrio, etc., por edad y por sexo.
- Requerimientos de atención especial de la población (enfermos o minusválidos).
- Diseñar los escenarios eruptivos, de ser posible computarizados, que permitan elaborar escenarios de posibles daños por la ocurrencia de una erupción volcánica.
- Establecer zonas de riesgo y sectores que permitan una mejor distribución de los grupos de respuesta y una mayor coordinación de los esfuerzos.
- Identificar los sitios que pueden ser utilizados como refugios temporales, para centros de acopio, para instalación de centros



**Foto III-20.** Elaboración del plan de emergencia ante erupción del volcán Misti en el Centro de Operaciones de Emergencia del Gobierno Regional de Arequipa. (Foto: L. Macedo, INGEMMET).

de operación de emergencias, establecer las etapas y las rutas de evacuación, los puntos de control de recursos materiales y humanos, y la ubicación de los sistemas de comunicación, seguridad y servicios de emergencia.

Para el caso del volcán Misti, se elaboró un escenario eruptivo con el registro geológico del campo, así como también del registro histórico, este escenario eruptivo fue utilizado para la organización del 1º Simulacro de evacuación por erupción volcánica del Misti (Foto III-21), dando una idea más clara sobre el comportamiento eruptivo, no solo a los científicos, sino más bien a las autoridades que son los encargados de la toma de decisiones.

### El plan de emergencias del sector Salud

El plan de emergencias ante erupciones volcánicas por el sector salud debe contemplar las siguientes medidas:

#### a) Atención médica

La planificación de la atención médica incluye: planes sobre búsqueda y rescate, atención de heridos en masa, monitoreo cuidadoso de la calidad del aire y el agua, evaluación de los perjuicios a la salud y de las necesidades sanitarias, vigilancia epidemiológica y la atención de problemas de salud mental.

#### b) Manejo de suministros

Se debe contemplar todos los equipos y materiales que serán necesarios durante y después de una erupción volcánica. A

diferencia de otros desastres, estos incluyen las máscaras livianas que protegen contra las lluvias de ceniza.

#### c) Manejo de la información y capacitación

La adecuada información pública es fundamental para evacuaciones masivas. Todas las personas necesitan estar informadas sobre medidas de protección, incluyendo información específica para personas con enfermedades en las vías respiratorias. La información no debe contemplar únicamente los efectos directos de las erupciones volcánicas, sino también los indirectos, como la contaminación del agua potable.

El plan debe incluir procedimientos de capacitación permanente para los funcionarios del sector Salud y de rescate para que conozcan todos los aspectos de atención médica anteriormente mencionados.

Finalmente, cabe destacar que el plan debe ser aplicado con el personal médico y debe verificarse si se sienten cómodos y preparados. El plan se debe actualizar periódicamente para incorporar los cambios de recursos y de personal (Fotos III-22 y III-23).

También se debe tener en cuenta el aspecto psicológico, el trauma, la pérdida, la recuperación emocional, entre otros. (OMS, 2002).



**Foto III-21.** Comité de Ciencia y Tecnología con autoridades mostrando los escenarios eruptivos del volcán Misti (Foto: L. Macedo, INGEMMET).



**Foto III-22.** Elaboración del plan de emergencia ante erupción del volcán Misti, por la Comisión de Salud de la región Arequipa (Foto: L. Macedo, INGEMMET).



**Foto III-23.** El sector Salud en actividad durante el 1.º Simulacro de Evacuación por Erupción Volcánica del Misti. Este es un buen momento para realizar estas prácticas y llevarlas a cabo de la manera más real posible. (Foto: L. Macedo, INGEMMET).

## EDUCACIÓN Y DIFUSIÓN

Es necesario dar a conocer a la población del lugar los riesgos a los que está expuesta y las medidas que se deben adoptar en caso de un evento volcánico: la forma en que se dará a conocer la ocurrencia de una emergencia, la forma en que se puede participar y los sitios a los que se debe acudir para contar con mayor información antes, durante y después de un desastre.

Dada la tendencia de la naturaleza humana, las naciones en desarrollo deben, por un lado, continuar mejorando la predicción y la detección de eventos, así como la tecnología en las comunicaciones para una alerta temprana y solicitar ejercicios de simulacro con la población en riesgo. Al mismo tiempo se debe buscar mejorar la educación para enfrentar la incertidumbre y buscar cómo alcanzar una mejor comprensión de la política científica; de manera que las políticas públicas racionalmente concebidas puedan desarrollarse con el fin de que las crisis puedan ser reducidas a un nivel razonable ante estos difíciles problemas.

Es importante que la población, cuerpos de emergencia y seguridad, organismos locales, fuerzas armadas, empresas de servicios básicos etc., reciban una información precisa sobre los fenómenos volcánicos y las medidas de prevención existentes: no es funcional un plan de contingencia, si este no se conoce y no es asumido por la población; muchos de los desastres ocurridos se han debido a la falta de conocimiento sobre los fenómenos que los han desencadenado o a la falta de fluidez de las comunicaciones.

## Caso del Nevado del Ruíz en Colombia

Un caso que llamo mucho la atención de los científicos y del mundo entero es el caso del Nevado del Ruíz. Desde principios de noviembre de 1984, los geólogos notaron un incremento en el nivel de la actividad sísmica cerca al Nevado del Ruíz. El magma caliente entró en contacto con el agua, resultando en explosiones debidas a la casi instantánea evaporación del agua. El más notable de esos eventos fue la expulsión de ceniza el 11 de septiembre de 1985. De acuerdo a las consideraciones del informe, publicado el 22 de octubre de 1985, el riesgo de lahares era muy alto. Además, en el informe se recomendaron varias técnicas de preparación sencillas para las autoridades locales. La erupción produjo flujos piroclásticos que derritieron los glaciares y la nieve, generando cuatro gruesos lahares que corrieron hacia abajo por los valles de los lados del volcán.

La tragedia de Armero, fue el segundo desastre volcánico más mortífero de su siglo, siendo sobrepasado por la erupción del Monte Pelée en 1902 y el cuarto en toda la historia conocida. También es el lahar más mortífero del que se tiene conocimiento, y el mayor desastre natural de Colombia. La pérdida de vidas durante la erupción de 1985 (23 000 fallecidos), se debió parcialmente al hecho de que los científicos nunca precisaron cuándo ocurriría la erupción, y las autoridades no tomarían costosas medidas preventivas sin claras advertencias de peligro inminente. (Fotos III-24 y III-25).



**Fotos III-24 y III-25.** Ciudad de Armero antes y después de la erupción del Nevado del Ruiz, donde fallecieron 23 000 personas. Esto se hubiera evitado con la capacitación de la población y la coordinación estrecha entre autoridades y científicos. (Foto: INGEOMINAS).

Los mapas de peligro que mostraban a Armero inundado por completo fueron distribuidos más de un mes antes de la erupción, pero el Congreso de la República criticó a los científicos y a las agencias de *Defensa Civil* por su alarmismo. Las autoridades locales fallaron al alertar a la población sobre la seriedad de la situación, con el alcalde y el párroco de Armero tranquilizando a la población tras una erupción de cenizas en la tarde del 13 de noviembre y la subsecuente lluvia de cenizas en la noche.

La mitigación del riesgo empieza por la educación de la población. Los programas educativos dirigidos a cualquier grupo de edad deben tener como objetivo principal que la población conozca su territorio, que asuma sus peculiaridades físicas y los riesgos inherentes en él para desarrollar técnicas de autoprotección. Todo ello dentro de un marco en el que se mantengan ausentes los sensacionalismos y las situaciones de alarma injustificada, pero donde quede bien claro que una erupción puede ser catastrófica

si no se gestiona adecuadamente y si no se toman las medidas necesarias para la protección de la población.

Es conveniente desterrar la idea de que el conocimiento del riesgo volcánico supone su impedimento al desarrollo económico de la región. Muchas personas opinan que al encontrarse viviendo en ciudades en riesgo, estas se devalúan, por consiguiente ya no tiene sentido seguir invirtiendo en esa ciudad, pero no consideran que cada lugar del planeta, puede ser susceptible a sufrir un fenómeno natural que pueda conllevarlo a un desastre.

De nada sirven los sistemas de monitoreo, los mapas de peligros, las obras de infraestructura, las normas o leyes, etc. si la población no es consciente del área que habita y no conoce sus riesgos, para así de esta manera saber cómo hacerle frente a estos y evitar que se produzca un desastre. Para ello es importante el trabajo multidisciplinario entre científicos, autoridades y comunidad.

# CAPÍTULO IV

## PREVENCIÓN ANTE ERUPCIONES VOLCÁNICAS

### INTRODUCCIÓN

Si bien es cierto es difícil predecir algunos desastres de origen natural, no existe justificación para no estar preparados. Las prevenciones no solo se deben darse a nivel gubernamental, sino también a nivel personal, familiar y vecinal. Estar preparados para un desastre natural es un aprendizaje fundamental en la vida de todo ser humano.

Sabemos que los fenómenos naturales no pueden evitarse, pero sí se puede minimizar el número de víctimas y mitigar la magnitud

de los daños materiales que ocasionan. Por eso, de las precauciones y acciones que se tomen antes, y de la forma como procedamos durante y después del desastre, dependerá en buena parte nuestra vida y la de nuestros seres queridos. Es una obligación y una responsabilidad social de quienes dirigen instituciones educativas, entidades del Estado, empresas privadas y familias, el preparar a sus integrantes para cualquier desastre natural.



Fig. IV-1. Si vivimos en un área volcánicamente activa, es necesario saber sobre los riesgos y cómo enfrentarlos. (L. Macedo, INGEMMET).

Con frecuencia se describe un desastre como el resultado de la combinación de la exposición a una amenaza, las condiciones de vulnerabilidad presentes, las capacidades y las medidas insuficientes para reducir o hacer frente a las posibles consecuencias negativas. El impacto que produce un desastre puede incluir muertes, lesiones, enfermedades y otros efectos negativos en el bienestar físico, mental y social humano, conjuntamente con daños a la propiedad, la destrucción de bienes, la pérdida de servicios, trastornos sociales y económicos, así como la degradación ambiental.

Las medidas de autoprotección son todas aquellas acciones que adopta un individuo para asegurar su propia vida hasta que llegue la ayuda exterior. El problema más frecuente que se presenta con respecto al comportamiento individual o comunitario de la población ante los desastres es la falta de preparación para afrontarlos, en tal sentido, debemos tener en cuenta los aspectos que se desarrollan a continuación.

## MEDIDAS A TOMAR EN CUENTA

### La prevención

Es el conjunto de medidas y acciones dispuestas con anticipación, con el fin de evitar o impedir que un fenómeno natural se transforme en un peligro, para reducir sus efectos sobre la población, los bienes y servicios, y el ambiente. Incluye medidas de ingeniería (construcciones resistentes a sismos, protección ribereña y otras) y de legislación (uso adecuado de suelo, del agua, sobre ordenamiento territorial y otras).

### Mitigación (reducción)

Es la planificación y ejecución de medidas de intervención dirigidas a reducir o disminuir el riesgo. La mitigación es el resultado de la aceptación de que no es posible controlar el riesgo totalmente; es decir, en muchos casos, no es posible impedir o evitar los daños o sus consecuencias, solo es posible atenuarlos.

Entre las medidas de mitigación más comunes figura la construcción de obras estructurales, como el reforzamiento de puentes, hospitales y otras edificaciones públicas. También se incluyen programas de mejoramiento urbano, obras de estabilización de laderas y drenaje de superficie (para reducir el peligro de deslizamientos de tierra e inundaciones), así como inversiones para salvaguardar los recursos naturales.

Entre las medidas no estructurales, se puede citar la adecuación de marcos normativos, las regulaciones de ordenamiento territorial y los códigos de construcción, así como la educación, la capacitación y la concientización sobre riesgo, prevención y mitigación del peligro volcánico.

### Cultura de prevención

Es el conjunto de actitudes que logra una sociedad al interiorizarse en aspectos de normas, principios, doctrinas y valores de seguridad y prevención de desastres, que al ser incorporados en ella, la hacen responder de una manera adecuada ante las emergencias o desastres de origen natural o tecnológico.

### La preparación

Es el conjunto de medidas y acciones de la población para las emergencias, mediante ejercicios de evacuación y el establecimiento del sistema de alerta temprana para una respuesta adecuada (rápida y oportuna), a fin de minimizar los efectos del desastres.

- Creación participativa de planes de emergencia.
- Medidas de infraestructura (alojamientos de emergencia, entre otros).
- Ejecución de simulacros de evacuación por erupción volcánica.
- Medidas de capacitación y perfeccionamiento.

- Creación y fortalecimiento de estructuras locales y nacionales de protección contra desastres y servicios de rescate.
- Planificación y coordinación de las intervenciones en caso de desastre.
- Sistemas de alerta temprana:
  - Instalación y funcionamiento de sistemas de comunicación.
  - Equipamiento técnico.
  - Capacitación de los usuarios del equipo.

### Respuesta

Suma de decisiones y acciones para atender las necesidades inmediatas después de ocurrido un desastre: atención médica, búsqueda, rescate, reubicación de población afectada, evaluación de daños, restablecimiento de servicios básicos, entre otros.

### Rehabilitación

Acciones que se realizan inmediatamente después del desastre. Consiste fundamentalmente en la recuperación temporal de los servicios básicos (agua, alcantarillado, comunicaciones, alimentación, entre otros), que permitan recuperar los niveles de servicio que se tenían antes de la ocurrencia de un desastre.

Las obras de rehabilitación tienen un tiempo de ejecución no mayor de 5 meses; responden a una causalidad directa con el desastre; y representan una solución técnica adecuada al problema planteado, y factiblemente financiera.

### Reconstrucción

De todas las etapas de un desastre, la reconstrucción es probablemente la más larga, la más costosa y la más compleja desde el punto de vista de los problemas encontrados. En realidad, muy pocos sitios quedan alguna vez para reconstruirse. Los desastres comúnmente exigen ayuda local, nacional e internacional, dependiendo del alcance de la destrucción y trayendo a individuos y organizaciones privadas y públicas al área con personal y materiales especializados.

Por esta razón, se indica que en la mayoría de los casos una obra de reconstrucción requiere efectuar un mayor análisis de alternativas, lo cual conlleva un estudio más profundo y de mayor tiempo para su formulación.

## CONOCER EL TERRITORIO DONDE VIVE

La mayoría de las erupciones están precedidas por signos premonitorios, los cuales –si son reconocidos y atendidos– pueden avisar con tiempo los eventos inminentes. No obstante, estos signos pueden ser sutiles o complejos, y requieren de un estudio detallado y cuidadoso antes de que sean interpretados correctamente.

Algunas de las mayores catástrofes de la historia han sido causadas por erupciones, cuyos primeros indicios fueron desconocidos, ignorados o malinterpretados.

No se puede abandonar áreas sujetas a amenazas volcánicas. Lo importante es aprender a vivir con estos riesgos de la manera más segura posible. Para ello es esencial conocer la historia propia de cada volcán, la frecuencia y el carácter de sus erupciones, así como comprender los procesos que las preceden.

Los principales productos de las erupciones volcánicas pueden agruparse en varias categorías según el tipo de material eyectado y su medio de transporte desde el cráter al sitio de depósito. Estos son caídas de cenizas, flujos piroclásticos, flujos de lava y emisiones de gas.

Otros fenómenos peligrosos asociados con erupciones volcánicas son agrietamiento del suelo, subsidencia (súbita o gradual), avalanchas de escombros, flujos de lodo o lahares, fusión de glaciares, terremotos volcánicos y tsunamis. Los sismos volcánicos que frecuentemente preceden o acompañan a las erupciones casi nunca alcanzan magnitudes o intensidades que causen daños severos. El hambre ha hecho estragos, algunas veces, como consecuencia de la destrucción de cosechas por caídas de cenizas o la muerte de animales debido a gases o depósitos tóxicos.

Si no conocemos el lugar en que vivimos, será imposible que podamos reducir nuestra vulnerabilidad ante los desastres, tomar precauciones y/o dar respuesta a las emergencias. Por esto es importante conocer nuestro territorio y darnos cuenta de las situaciones de riesgo que pueden darse debido a las siguientes causas:

- Las particularidades del lugar en que vivimos
- Los antecedentes de fenómenos naturales que se hayan dado antes.
- Las alteraciones derivadas por acciones humanas que podamos reconocer (como actividades mineras, de edificaciones, de talado de bosques, etc.).
- Los niveles de organización de la comunidad, su eficacia y su potencial.

Los fenómenos naturales característicos de cada lugar obedecen a circunstancias geográficas, estacionales y suelen ocurrir cada cierto tiempo en los mismos lugares y durante las mismas épocas, aunque con distinta frecuencia e intensidad. La experiencia nos enseña que pueden producirse determinadas situaciones como consecuencia de eventos climáticos; de ser posible, dichos conocimientos deben mejorarse para enfrentar estas circunstancias.

No debemos esperar a que vuelva a ocurrir un desastre para volver a discutir la importancia de la gestión del riesgo en nuestra

comunidad y después de poco tiempo olvidarlo. Es fundamental que las autoridades generen la discusión y el aprendizaje sobre cómo reconocer la vulnerabilidad y los mecanismos para reducirla fortaleciendo las capacidades locales, y esto a su vez debe producirse especialmente en las instituciones educativas, para que la población esté familiarizada en el tema desde edades tempranas.

Los aprendizajes los podemos reconocer, recurriendo a las siguientes fuentes de información:

- Textos escritos sobre el tema por especialistas, o con su apoyo directo, de estar cerca.
- Recolección de los testimonios de personas mayores del lugar donde vivimos (creencias y costumbres).
- Comparación de testimonios de personas que han vivido circunstancias similares en lugares diferentes.
- Información de organismos especializados y la difundida por medios como la radio, la televisión, la prensa escrita, internet y otros que se encuentren a nuestra disposición.
- Es importante ubicar de antemano el origen de cualquier riesgo y eventual desastre, para ello hay que identificar –como ya se ha hecho mención anteriormente– las amenazas y nuestra condición de vulnerabilidad. Luego de haber identificado los riesgos, debemos averiguar, por diversos medios, cuáles son las características particulares de los fenómenos que podrían provocar un desastre en nuestra localidad; cuáles son las formas de pensar y actuar, o los comportamientos que nos pueden ayudar a evitar o mitigar un probable desastre; cuáles son las prácticas cotidianas que están aumentando o reduciendo nuestras condiciones de vulnerabilidad; en qué condiciones materiales se encuentra nuestra institución educativa, nuestros hogares y nuestra localidad para enfrentar una situación de amenaza de desastre; y cuáles son las condiciones que ya existen para prevenir los desastres.

Aunque haya vivido siempre en un territorio con volcanes, no debe confiarse (Foto IV- 1). Recuerde que una erupción puede ocurrir en cualquier momento y en cualquier lugar. Las señales precursoras no son siempre claramente interpretadas por la población.

La población debe saber si los volcanes aledaños a su ciudad o poblado son activos o no. Así, se debe saber qué tipo de erupciones se han presentado anteriormente y con qué frecuencia (debemos tener en cuenta que cada volcán tiene su propio comportamiento eruptivo), también debe conocerse el mapa de peligros del volcán, el cual nos ayudará a ubicar qué zonas son las más seguras y cuáles son las más peligrosas; normalmente, estas son las más próximas al volcán y las quebradas por donde descenderían los productos que este emita en su próxima erupción.



**Foto IV-1.** Capacitación por el INGEMMET a la población sobre el peligro volcánico y medidas de protección ante erupciones volcánicas, en coordinación con la Municipalidad de Alto Selva Alegre (Foto: L. Macedo, INGEMMET).

## LA ESTIMACIÓN DEL RIESGO

La *estimación del riesgo* es el conjunto de acciones y procedimientos que se realizan *in situ*, a fin de levantar la información sobre la identificación de los peligros, el análisis de las condiciones de vulnerabilidad y el cálculo del riesgo (probabilidad de daños: pérdidas de vidas e infraestructura), con la finalidad de recomendar las medidas de prevención. Deben ser ejecutadas por personal profesional debidamente capacitado de diversas especialidades (Foto IV-2) de las Oficinas y/o Comités de Defensa Civil, ante la presencia potencial o inminente de un peligro natural o inducido por el hombre.

### Importancia de la estimación de riesgos

La ejecución de la estimación del riesgo adquiere especial importancia en nuestro país por las razones siguientes:

- Permite adoptar medidas preventivas y de mitigación/reducción de desastres, parámetros fundamentales en la gestión de los desastres, a partir de la identificación de peligros de origen natural o inducidos por las actividades del hombre, y del análisis de la vulnerabilidad.
- Contribuye en la cuantificación del nivel de daño y los costos sociales y económicos de un centro poblado frente a un peligro potencial.
- Proporciona una base para la planificación de las medidas de prevención específica, reduciendo la vulnerabilidad.
- Constituye un elemento de juicio fundamental para el diseño y adopción de medidas de prevención específica, como la

preparación/educación de la población para una respuesta adecuada durante una emergencia. Además, crea una cultura de prevención.

- Permite racionalizar los potenciales humanos y los recursos financieros, en la prevención y atención del desastre.
- Constituye una garantía para la inversión en los casos de proyectos específicos de desarrollo.
- Después de ocurrido un desastre, toma en cuenta las lecciones que siempre dejan estos en un asentamiento humano o centro poblado, permitiendo observar y analizar los tipos de vulnerabilidad y su estrecha relación con el riesgo.

### ¿Qué son los riesgos y que características tienen?

Los riesgos pueden ser definidos como las condiciones sociales, ambientales y naturales que pueden devenir en un desastre. Se trata de pérdidas probables debidas a las amenazas o peligros y a la vulnerabilidad que poseen las personas y comunidades, debido a la fragilidad de la infraestructura social y los sistemas productivos.

Estas condiciones se interrelacionan en entornos territoriales y sociales diferenciados, por lo que no podemos desligar las condiciones de riesgo local de las regionales, nacionales e incluso globales. A pesar de ello, el riesgo de desastre se manifiesta en un territorio definido y circunscrito (Foto IV-3).

El riesgo es latente y representa una potencialidad sujeta a determinadas formas objetivas y subjetivas de medición, proyección



**Foto IV-2.** Estimación del riesgo por erupción volcánica del Misti, por vulcanólogos del INGEMMET (Foto: L. Macedo, INGEMMET).



**Foto IV-3.** En la foto podemos apreciar el riesgo al que esta expuesta la población asentada en el mismo cause de la Oda. San Lázaro, lugar por donde descenderían los productos que emita el Misti en su próxima erupción. (Foto: Arequipainfo).

e interpretación; mientras que el desastre es consumado, palpable y sentido. La cotidianidad es un elemento trascendental para comprender la construcción social de amenazas y vulnerabilidad, y por ende del riesgo de desastre.

### Capacidades para reducir los riesgos o evitar riesgos futuros

Las capacidades son los medios que la sociedad puede poner en juego para reducir los riesgos y construir un hábitat seguro. Las capacidades pueden ser materiales (infraestructura, tecnologías y financiamiento), institucionales u organizativas. Los conocimientos, las actitudes y habilidades de las personas, y la fuerza de liderazgo son elementos claves en el desarrollo de las capacidades para prevenir o responder a los desastres.

Las capacidades pueden desarrollarse mediante procesos de aprendizaje e incidencia individual y colectiva (redes), y el acceso a tecnologías y recursos (infraestructura y financiamiento), si se expresan todas aquellas culturas y sensibilidades mayoritarias y minoritarias.

Las capacidades nacionales, regionales y locales implican tanto a las familias, las redes de relaciones familiares y vecinales, las distintas formas de organización comunitaria; las instituciones públicas y privadas, y especialmente la institución educativa con sus estudiantes, los cuales pueden en su conjunto contribuir a la prevención de desastres y/o a la reducción de vulnerabilidad.

Las capacidades de las personas e instituciones son determinantes para la reducción de las condiciones de riesgo, por lo que es necesario fortalecerlas, así como promover su articulación entre las diversas instituciones y organizaciones de la comunidad.

### ¿Qué es un desastre?

Es una interrupción severa del funcionamiento de una comunidad, causada por un peligro, de origen natural o inducido por la actividad del hombre, que a su vez ocasiona pérdidas de vidas humanas; considerables pérdidas de bienes materiales; daños a los medios de producción, al ambiente y a los bienes culturales. La comunidad afectada no puede dar una respuesta adecuada con sus propios medios a los efectos del desastre, de esta manera es necesaria la ayuda externa, ya sea a nivel nacional y/o internacional.

Un peligro natural es generado por un fenómeno natural, como un terremoto (Foto IV.4), un maremoto o inundación, un deslizamiento, aluviones, sequía, entre otros; mientras que un peligro tecnológico es generado por la actividad humana, tales como incendios urbanos o forestales, explosión y contaminación ambiental, entre otros.

### ¿Qué es la gestión del riesgo de desastres?

Es el conjunto de conocimientos, medidas, acciones y procedimientos que, conjuntamente con el uso racional de recursos humanos y

materiales, se orientan hacia la planificación de programas y actividades para evitar o reducir los efectos de los desastres. La *gestión de desastres*, sinónimo de *la prevención y atención de desastres*, proporciona además todos los pasos necesarios que le permiten a la población afectada recuperar su nivel de funcionamiento después de un impacto.

Podemos resumir y señalar, al mismo tiempo, que una planificación estratégica de la prevención y atención de desastres tiene dos objetivos generales: por un lado, minimizar los desastres; y por otro, recuperar las condiciones de normalidad o condiciones pre-desastre. Dichos objetivos se lograrán mediante el planeamiento, organización, dirección y control de las actividades y acciones relacionadas con las fases siguientes:

- La prevención (antes): la estimación del riesgo y la reducción del riesgo.
- La respuesta (durante): ante las emergencias (incluye la atención propiamente dicha, la evaluación de daños y la rehabilitación).
- La reconstrucción (después).

### Reducción del riesgo de desastres

La reducción del riesgo agrupa las acciones de prevención, disminución de vulnerabilidades y preparación. La prevención específica corresponde al conjunto de actividades y medidas diseñadas para proporcionar protección permanente contra los efectos de un desastre. Incluye, entre otras, medidas de ingeniería (construcciones sismo-resistentes, protección ribereña y otras) y de legislación (uso adecuado de tierras y agua, ordenamiento urbano y otras).

Para el caso de Arequipa, luego del trabajo de educación y sensibilización frente al peligro volcánico por parte del INGEMMET a las autoridades, se logró que en 2007, se emita una Ordenanza Municipal que prohíbe la expansión urbana hacia el volcán Misti en el distrito de Alto Selva Alegre (Fig. IV-2 y IV-3), que era el distrito que venía creciendo rápidamente hacia el volcán.

Pero este no es el único distrito de Arequipa que tiene la tendencia de expandirse hacia el Misti, también lo vienen haciendo los distritos de Cayma, Miraflores, Mariano Melgar, Paucarpata y Chiguata. Para el caso del distrito de Miraflores, ya para 2009 se logró la tan ansiada Ordenanza Municipal. Por otro lado, la Municipalidad Provincial de Arequipa inicio gestiones para delimitar la expansión urbana hacia el Misti con los otros distritos en mención. Este trabajo se inició en 2010. Esperemos que llegue la culminación de este proyecto para 2011 con la Ordenanza Municipal y la señalización de estos límites para ser respetados.



Foto IV-4. Terremoto ocurrido en Pisco en agosto de 2007, donde la población y las autoridades superaron su capacidad de respuesta; fue necesaria la intervención de ayuda a nivel nacional e internacional. (Foto: INDECI Pisco).

**ORDENANZA MUNICIPAL N° 201-2007/MDASA (PAG. 02)**

El Volcán Misti es uno de los siete volcanes activos del sur del Perú, localizado en la Zona Volcánica de los Andes Centrales. El edificio volcánico se emplaza en el borde Oeste de la Cordillera Occidental de los Andes. El Misti limita por el SE con el extinto estratovolcán Pichu Pichu, por el Noroeste con el complejo volcánico Chachani, hacia el Este con la altiplanicie Puna y por el Oeste con la cuenca de Arequipa, donde se halla la ciudad del mismo nombre. El Cráter del volcán Misti (242900N, 8196400S, 5825 msnm), está a menos de 17 km. del centro de la ciudad de Arequipa, sin embargo nuevos asentamientos humanos situados al Noroeste y Norte de la ciudad se hallan a menos de 12 km. del volcán. La diferencia altimétrica entre la ciudad y la cima del volcán es alrededor de 3.5 km.

Arequipa es la segunda ciudad más importante del país, con una población de poco más de 800 mil habitantes (INEI 2005). La ciudad se emplaza en una depresión limitada al Este y Norte por los volcanes Pichu Pichu, Misti y Chachani, y por el Sur y Oeste por la Cordillera de la Costa. El distrito de Alto Selva Alegre, es uno de los distritos que se hallan más cerca al cráter del volcán Misti, la parte céntrica del distrito se halla a 15 km. de distancia y algunos Asentamientos Humanos como Javier Heraud, Bella Esperanza, El Mirador de Arequipa y La Rocar, distan menos de 13 km. del cráter, cuya población por medio de sus dirigentes, solicitan se impida que más viviendas sigan acercándose cada vez más al volcán Misti. En consecuencia es necesario delimitar el perímetro de riesgo por los Organismos Técnicos, en aplicación de ellos, la Municipalidad debe prohibir la Habitación Urbana en las zonas de riesgo determinadas por Defensa Civil, decisión que se transmitirá con la emisión de la presente Ordenanza Municipal en resguardo de la integridad física de nuestra población.

**SE ORDENA:**  
**ARTICULO PRIMERO:** APROBAR el Informe No. 049-2007-STDC/MDASA de la Secretaría Técnica de Defensa Civil de la Municipalidad Distrital de Alto Selva Alegre, mediante el cual se alcanza la evaluación de los Riesgos por Actividad Volcánica del Misti en el Distrito, concordante con los informes emitidos por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Dirección de Geología Ambiental y Riesgo Geológico (INGEMMET).  
**ARTICULO SEGUNDO:** PROHIBIR el Otorgamiento de Autorizaciones para Habitaciones Urbanas en las zonas delimitadas, por la Secretaría Técnica de Defensa Civil de la Municipalidad Distrital de Alto Selva Alegre, teniendo en cuenta para ello, los puntos señalados en las siguientes coordenadas:

	COORDENADAS		DESCRIPCION
	N	E	
A	8°189,180	233,654	Torrentera San Lázaro
B	8°189,709	233,427	Los Pirotécnicos
C	8°190,167	232,500	Los Portales del Mirador
D	8°189,701	232,857	El Reservorio del A.H. Mirador de Arequipa
E	8°190,309	231,700	El Huarangal
F	8°190,830	231,801	El Cementerio de Independencia
G	8°191,407	231,320	Reservorio de Villa Ecológica

**ARTICULO TERCERO:** ENCARGAR a la Secretaría Técnica de Defensa Civil de la Municipalidad Distrital de Alto Selva Alegre la delimitación de las zonas calificadas como Zona de Riesgo en el Distrito con la colocación de hilos y carteles que determinen las prohibiciones que establecen la presente disposición. Así mismo la remisión de copias de la presente Ordenanza a la Municipalidad Provincial de Arequipa.  
**REGISTRESE, PUBLIQUESE, COMUNIQUESE Y ARCHÍVESE.**

**ABOG. RAUL AZPILCUETA CACERES**  
SECRETARIA GENERAL (e)

**ING. ANTONIO GAMERO MÁRQUEZ**  
ALCALDE

c.c.: Gerencia Municipal  
 Unidad de Ases Jurídica  
 Unidad de Sec. Gral. y R.R.PP  
 Archivo

\*LA PRESENTE ORDENANZA, Y ANEXO ADJUNTO SE ENCUENTRAN DEBIDAMENTE PUBLICADOS EN LA PÁGINA WEB DE LA MUNICIPALIDAD DISTRITAL DE ALTO SELVA ALEGRE : [www.altoSelvaAlegre.m.d.gob.pe](http://www.altoSelvaAlegre.m.d.gob.pe)

Fig. IV-2. Copia de la Ordenanza Municipal que regula el crecimiento poblacional hacia el volcán Misti, en el distrito de Alto Selva Alegre.

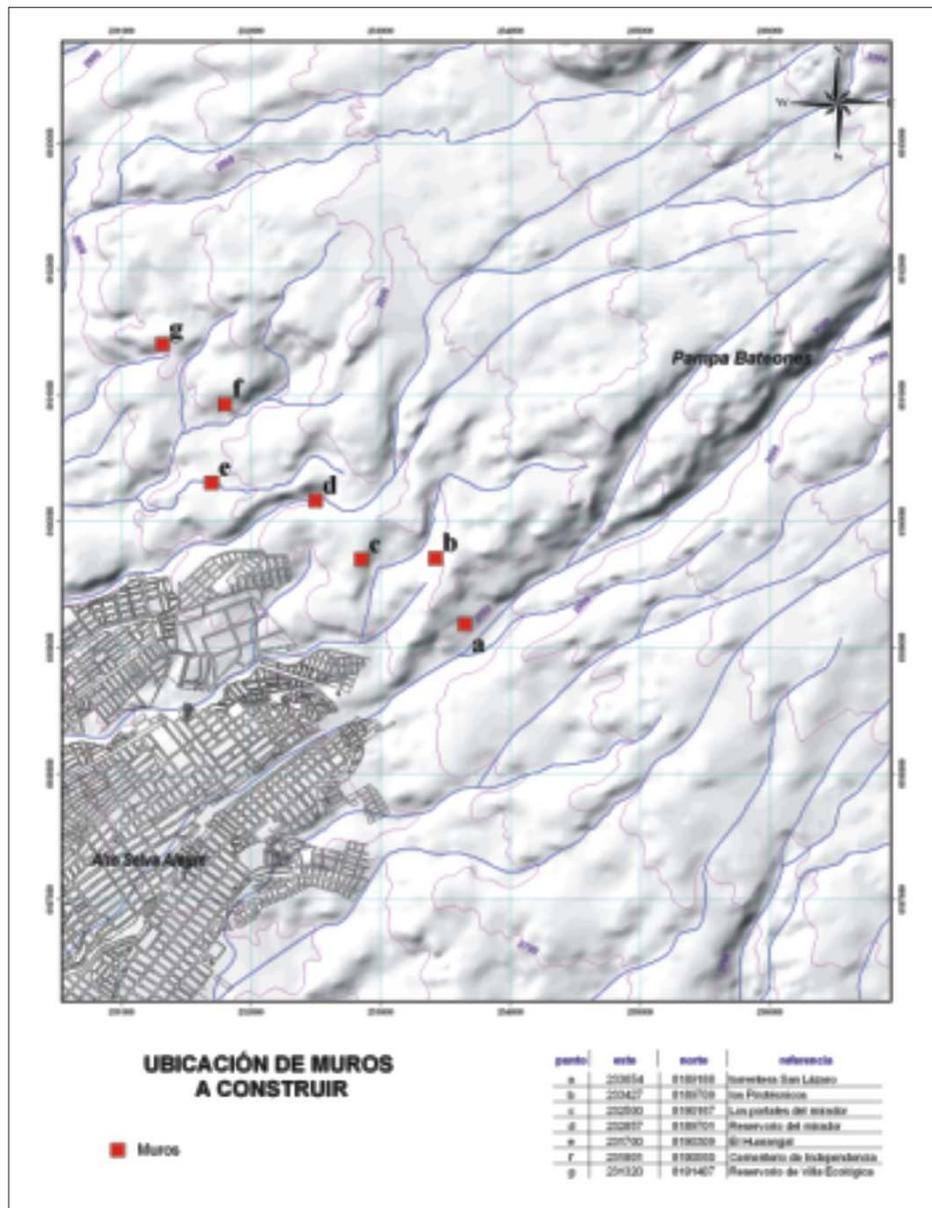


Fig. IV-3. Mapa de ubicación de las coordenadas en UTM, donde se señalan los límites de expansión urbana hacia el volcán Misti, en el distrito de Alto Selva Alegre.

## LA VULNERABILIDAD EDUCATIVA

Se refiere a la ausencia o inadecuada orientación de programas y acciones educativas que informen y formen capacidades en la población para participar como ciudadanos y relacionarse adecuadamente con el ambiente. Además, se refiere al grado de preparación que recibe la población sobre formas de un comportamiento adecuado –a nivel individual, familiar y comunitario– en caso de amenaza u ocurrencia de situaciones de desastre. Nuestro sistema educativo formal está muy lejos de

propiciar en los niños, adolescentes, jóvenes y adultos una cultura de la prevención y de respeto por el ambiente, no solo por la inexistencia de programas educativos, sino por la escasa o nula articulación de las escuelas respecto a sus comunidades.

Por tal motivo, este texto pretende contribuir al conocimiento sobre el peligro volcánico, especialmente en la gestión de riesgo de desastres por erupciones volcánicas en el Perú. El presente documento no es un libro de texto, pero contiene muchos conceptos que ayudarán a entender estos procesos.

Por otro lado, el INGEMMET viene difundiendo esta información por medio de charlas y talleres a escolares, donde se les motiva a trabajar en temas de prevención y compromiso con su familia y su comunidad sobre el peligro volcánico; además, se realizan talleres donde los chicos aprenden de manera sencilla sobre los peligros volcánicos. Se han elaborado maquetas de volcanes y concursos

de ciencias incorporando el tema y, a la fecha, se han organizado 5 concursos de dibujo (Foto IV-5); con los mejores trabajos se elaboran calendarios (Fig. IV-4), que posteriormente son entregados a las autoridades para generar sensibilización en el tema y, a la vez, tener presente durante todo el año el tema del peligro volcánico.



Foto IV-5. Concurso de dibujo con escolares de la I. E. Nuestra Señora del Pilar (Foto: L. Macedo, INGEMMET).



Fig. IV-4. Calendario 2007 en base a los mejores trabajos del concurso de dibujo de la I. E. Diego Thomson (Diseño: Giovanna Alfaro, INGEMMET).

## SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA

Parte importante y necesaria en las acciones de prevención de desastres y la gestión de riesgos es el monitoreo de los fenómenos naturales y los sistemas de alerta temprana (SAT).

Las redes de monitoreo, por un lado, permiten obtener información necesaria para comprender y mejorar el conocimiento científico de amenazas y riesgos, como punto de partida para la implementación de políticas efectivas de prevención y mitigación.

Por otro lado, diferentes instrumentos y tecnologías empleadas en el monitoreo y vigilancia de los fenómenos permiten detectar, dar seguimiento y pronosticar las amenazas naturales que puedan impactar a la población.

De esta manera, los sistemas de monitoreo contribuyen a la toma efectiva de decisiones ante situaciones de riesgo y permiten dar una alerta oportuna. Los sistemas de alerta tienen como objetivo «el facultar a las personas y a las comunidades que se encuentren en peligro, para actuar con tiempo suficiente y de manera adecuada para reducir daños personales, evitar pérdidas humanas y reducir daños a las propiedades y el medio ambiente».

Cabe mencionar que actualmente existe diferentes tipos de SAT para diferentes fenómenos naturales, por ejemplo, para la ocurrencia de inundaciones, huracanes, volcanes (Fig. IV-5), tsunamis, etc.

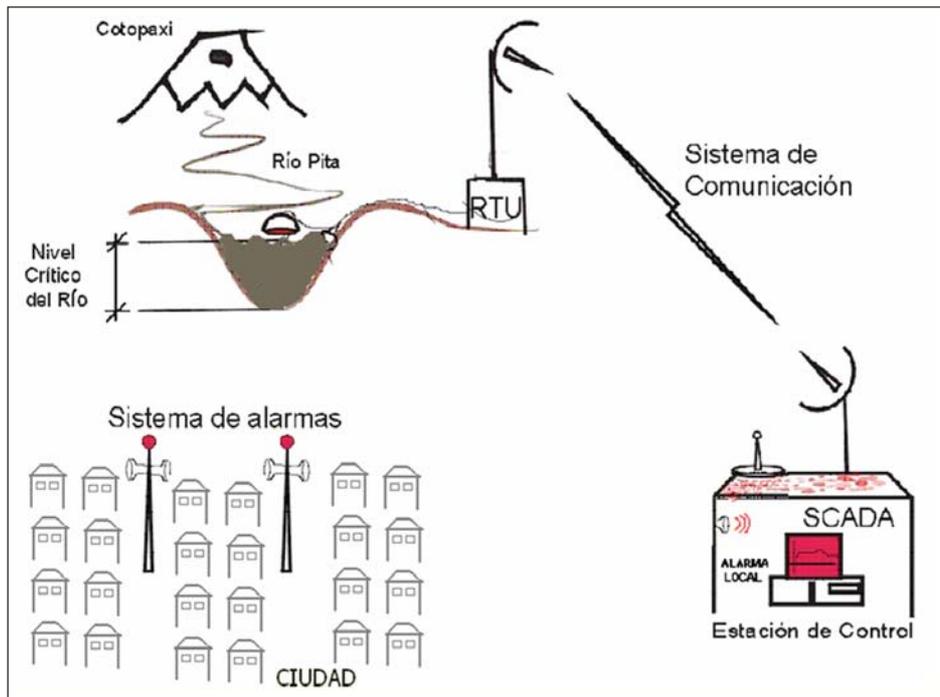


Fig. IV-5. Sistema de alerta temprana del volcán Cotopaxi, en Ecuador (Dirección Nacional de Geología, DINAGE Ecuador).

## PLAN DE CONTINGENCIA ANTE ERUPCIONES VOLCÁNICAS

Los volcanes afectan la vida de las personas en sentido tanto positivo como negativo. Cualquier erupción volcánica, sea cual fuere su grado de violencia, puede ser peligrosa para las personas que se hallan en sus cercanías. Sin embargo, durante sus periodos de inactividad, los volcanes atraen a las comunidades debido a la fertilidad de los suelos volcánicos y a la espectacular belleza de su paisaje. Por lo tanto, gran número de personas y enormes inversiones económicas corren riesgos cuando ocurre una erupción.

La reducción del impacto del desastre requiere también de una adecuada preparación, entendida como la planificación de acciones para las emergencias, el establecimiento de alertas y ejercicios de evacuación para una respuesta adecuada durante una emergencia o desastre. La preparación se refiere a las actividades y medidas tomadas anticipadamente para asegurar una respuesta eficaz ante el impacto de peligros, incluyendo la provisión de información para la evacuación temporal de la población y propiedades del área en peligro.

El plan de Contingencia, entre otras cosas, especifica las medidas a adoptar en función de la actividad del volcán, como caso extremo figura la evacuación de la zona, indicando para ello la ruta de

salida, los puntos de concentración y los medios de transporte a utilizar si fuera necesario.

Teniendo en cuenta que los fenómenos de carácter sísmico, como erupciones volcánicas y más precisamente la activación o reactivación de un volcán son los eventos naturales más temidos, respetados, y que representan una amenaza latente para las sociedades humanas, bienes y servicios entre otros, e impactan el medio ambiente. Es una necesidad elaborar el **Plan de Contingencia ante erupciones Volcánicas**, contribuyendo de esta forma a minimizar los efectos de un posible desastre.

Muchos poblados en el mundo se encuentran ubicados en zonas de alta influencia volcánica, en donde los efectos ante un posible evento pueden generar pérdidas importantes de vidas humanas y bienes materiales, generando un atraso en el desarrollo del área. En consecuencia es urgente aprender a vivir con tales fenómenos; por ejemplo las erupciones de ceniza, que son más frecuentes, sin que esto implique que se deje de lado la prevención de otros eventos de carácter natural o antrópico que puedan ocasionar efectos desastrosos en la comunidad.

La finalidad de un plan de contingencia ante una erupción volcánica es establecer las fases, tareas y responsabilidades, así como los procedimientos de coordinación, alerta, movilización y respuesta ante el incremento del Índice de Explosividad Volcánica (IEV). Además debemos tener en cuenta que para que funcione el Plan

de Contingencia, este debe ser elaborado por las autoridades con participación de la población (Foto IV-6), e instituciones competentes.

Una vez elaborado el plan de contingencia este debe ser difundido a todos niveles de la población, escolares, universitarios, entidades

públicas y privadas, etc. Con la finalidad que todos estén enterados y sepan que hacer en el momento que se presente la crisis, para llegar a este objetivo es importante practicar simulacros de evacuación, con escenarios eruptivos, de la manera más real posible.



Foto IV-6. Comité Distrital de Defensa Civil de Alto Selva Alegre. En pleno proceso de elaboración del Plan de Contingencia ante erupción volcánica del Misti. (Foto: L. Macedo INGEMMET).

### Plan de emergencia escolar

Todas las Instituciones Educativas que se encuentran en el ámbito de un volcán activo, deben contar con un plan de emergencia considerando las medidas a tomar para ejecutar una evacuación. En este plan se definen los controles y las medidas de seguridad que con carácter obligatorio deben regir en las Instituciones Educativas. Donde se contemplan los ejercicios de prevención como por ejemplo los simulacros de evacuación.

En la actualidad en la mayoría de los centros, los planes de emergencia no contemplan el riesgo volcánico ya que por las características de este tipo de fenómeno natural es previsible el cierre del centro educativo, antes de que sea afectado por el peligro volcánico y haga necesaria su evacuación.

Sin embargo es necesario que los alumnos tomen conciencia de los peligros volcánicos y la necesidad de evacuar las posibles zonas afectadas en un determinado supuesto; para ello los planes de evacuación deben ser valorados y asumidos por toda la

comunidad educativa y puestos en práctica al menos dos veces al año.

En tal sentido el INGEMMET, ha elaborado un cuadernillo «Aprendiendo a vivir con el volcán», (Fig. IV-6), donde se explica desde la formación de los volcanes, pasando por los tipos de erupciones, peligros volcánicos y medidas a adoptarse en caso de erupción volcánica.

### Plan de emergencia familiar

Siempre es mejor prevenir. No es necesario ser especialistas para estar preparados para una emergencia, solo se necesita estar informados y bien organizados. Por ello, las familias deben tener un plan que les permita responder a cualquier emergencia que se produzca en el hogar o en su entorno (por ejemplo, incendio, inundación, terremoto, erupción volcánica, etc.). Además, es conveniente hacer participar a los más pequeños para que sepan por qué se hace, y aprendan qué deben hacer y colaboren con los adultos.

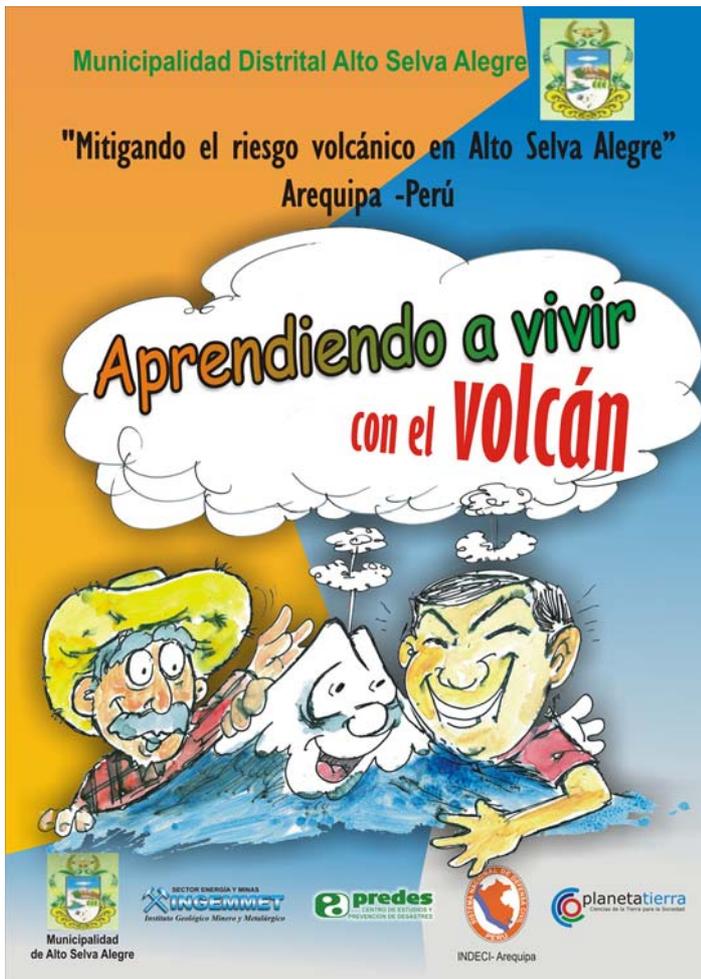


Fig. IV-6. Cuadernillo «Aprendiendo a vivir con el volcán», (Foto: L. Macedo INGEMMET).

- Hay que decidir de forma clara y concreta qué función desempeña cada miembro de la familia durante una emergencia, teniendo en cuenta que esta puede suceder estando en casa o fuera de ella.
- Todos los miembros de la familia deben conocer la ubicación de la vivienda, sus características y mantenimiento (cañerías, desagües, etc.). Debe conocerse, sobre todo, cómo cerrar las llaves de paso de la electricidad, agua y gas.
- Es necesario que todos los miembros de la familia conozcan el plan de contingencia preparado por las autoridades y especialmente el punto de reunión y lugar de concentración asignado en caso de evacuación.
- Es necesario tener a mano los documentos más importantes. Se debería elaborar una tarjeta con datos personales y teléfonos de contacto para los miembros más pequeños de la familia puedan colocarse en un lugar visible. Así se evitarán posibles separaciones involuntarias.
- Se debe establecer un plan de reencuentro familiar para cualquier emergencia, así como una coordinación con la escuela a la que asisten sus hijos. En cualquier momento, los miembros de la familia deben saber qué medidas adoptar y quien se encarga de recoger a los más pequeños.
- Recuerde que si en la familia hay niños pequeños, ancianos o alguna persona con dificultades de movilidad, necesitarán más tiempo para la evacuación.
- Es conveniente tener un duplicado de las llaves de la casa y del automóvil al lado de la puerta de salida de la vivienda.
- Debe tener preparado una serie de artículos básicos que servirán en el caso de que una situación de emergencia altere sus condiciones normales de vida: botiquín de primeros auxilios, junto a las medicinas que de forma habitual tome algún miembro de la familia, comida, agua de reserva, radio a pilas, linterna, velas, pilas de recambio, mechero y fósforos, artículos de higiene, agenda con los teléfonos de contacto y servicios de emergencia.

- Compruebe periódicamente el estado de su vivienda, especialmente el suministro de agua, las llaves del gas, el sistema eléctrico, los desagües y la posible acumulación de cenizas en techos y terrazas. Proteja cuidadosamente los depósitos de agua para evitar su contaminación.
- Aplique las normas de seguridad que han sido definidas en el Plan de Emergencia Local, y no haga caso de rumores cuya fuente desconoce (Fig. IV-7). Cuando se trata de una verdadera emergencia, la información oficial saldrá del Centro de Operaciones de Emergencia de la Región (COER), encargado de la gestión de la crisis. Dicho centro es el responsable de transmitir y difundir la información necesaria. Si tiene alguna duda, acuda a las autoridades municipales.
- Debe recordar y concientizar a su familia sobre las normas básicas de comportamiento ciudadano: no correr, no gritar, no empujar. Muéstrese siempre solidario con la gente que le rodea.



Fig. IV-7. No escuche ni propague información que no sea oficial, ya que podría causar pánico o desorden en la población. (INGEOMINAS).

## SIMULACRO DE EVACUACIÓN POR ERUPCIÓN VOLCÁNICA

«Un simulacro es la simulación de un siniestro que suponga la activación del Plan de Autoprotección y permita comprobar la capacidad de respuesta y el nivel de preparación alcanzado, empleando los medios previstos».

Las erupciones volcánicas han originado innumerables desastres a lo largo de la historia. Basta señalar la muerte de más de 23 000 personas en la ciudad de Armero (Colombia, 1985), luego de una pequeña erupción del volcán Nevado del Ruiz. Un denominador común en estos desastres es el desconocimiento de la sociedad sobre los peligros a los que están expuestos, así como su poca o nula preparación para hacer frente a estos eventos destructivos.

Los simulacros de evacuación son ejercicios de prevención que tienen como objetivo establecer acciones de preparativos y atención de situaciones de emergencia a causa de una posible erupción; para ello se diseñan mecanismos de organización, coordinación y

concertación de acciones que favorezcan la reducción de los efectos adversos, y que a su vez permita un trabajo conjunto de los Comités de Defensa Civil y la población expuesta al riesgo.

## OBJETIVO DE UN SIMULACRO DE EVACUACIÓN

Una de las aplicaciones de los Planes de Emergencia son los simulacros, particularmente los simulacros de evacuación (Foto IV-7), la acción más efectiva de protección. Mediante ellos, se logra entrenar y sensibilizar a la población para que, al presentarse una emergencia real, se tomen las decisiones correctas que en este tipo de situaciones son de vital importancia.

Por tanto, la finalidad del simulacro es completar la información que se ha impartido a todas las personas que se involucren en su organización, sobre las distintas actuaciones en una situación de emergencia, de tal forma que se prepare a los equipos actuantes para resolver esta situación, y se capacite al resto del personal



Foto IV-7. Simulacro de evacuación por erupción volcánica del Misti en el distrito de Alto Selva Alegre (Foto: J. Mariño, INGEMMET).

para abandonar las instalaciones (viviendas, trabajo, escuelas, etc.) con plenas garantías de éxito.

#### • ¿Cómo se logra todo esto?

Todo esto se logra en base a la organización. En el Perú, se cuenta con leyes y normas establecidas para tal funcionamiento, que son regidas dentro del Sistema Nacional de Defensa Civil (SINADECI), donde además se contempla la organización mediante las oficinas de Defensa Civil dentro de los Gobiernos regionales y locales, que funciona mediante sus propios Comités de Defensa Civil.

Es preciso mencionar que la buena organización depende de la preparación, educación y en general una buena *gestión del riesgo de desastres* por parte del respectivo Comité de Defensa Civil, en el cual participan todas las instituciones públicas y no públicas, así como los organismos no gubernamentales (ONG), que brindan apoyo en casos de desastres, y todas las agrupaciones de la población organizada.

### Comités de Defensa Civil

Los Comités de Defensa Civil (Fig. IV-8) son el conjunto de personas representativas de una comunidad, que desarrollan y ejecutan actividades de Defensa Civil en un determinado ámbito, orientando sus acciones a proteger la integridad física de la población, el patrimonio y el medio ambiente, ante los efectos de los fenómenos naturales o inducidos por el hombre que producen desastres.

Los Comités de Defensa Civil se organizan internamente en comisiones (Foto IV-8) y se clasifican en comités regionales, provinciales y distritales; también pueden constituirse en caseríos, anexos, etc. La Ley establece una relación jerárquica entre los Comités de Defensa Civil, en todas las actividades de la *gestión del riesgo de desastres* (prevención, preparación, respuesta, rehabilitación y reconstrucción).

### Etapas en la organización de un simulacro

#### a) La planificación

Esta etapa es la más importante en los simulacros de evacuación, ya que se requiere del total conocimiento de las características físicas de las zonas en riesgo (calles, avenidas, áreas recreativas, espacios abiertos, iglesias, fábricas, etc.). Esto con la intención de identificar los puntos de concentración y las rutas de evacuación, así como también la ubicación de los albergues (Foto IV-9).

#### b) Participantes

Se deben definir las funciones, recursos y responsabilidades de cada miembro del Comité de Defensa Civil, brigadistas y personal de apoyo, además del personal evaluador del simulacro (Fotos IV-10 y IV-11).

#### c) Escenarios

Los escenarios deben presentar diferentes grados de magnitud del evento para valorar la capacidad de respuesta ante diversas situaciones. Para elaborar los escenarios, es preciso que las



Fig. IV-8. Organización del Comité de Defensa Civil. (INDECI, 2010).



Foto IV-8. Es importante que se elabore un plan para la ejecución del simulacro, donde participen autoridades de todas las instituciones de Estado y representantes de las comisiones del Comité de Defensa Civil. (Foto: L. Macedo, INGEMMET).



**Foto IV-9.** La planificación parte de gabinete y se comprueba en campo, donde deben participar las autoridades y la comunidad. (Foto: L. Macedo, INGEMMET).



**Foto IV-10.** Reunión del Comité Regional de Defensa Civil de Arequipa para la toma de decisiones (Foto: L. Macedo, INGEMMET).



**Foto IV-11.** La participación de las Fuerzas Armadas, así como de las instituciones científicas, es importante en los ejercicios de prevención, pero siempre deben ser liderados por las autoridades. (Foto: L. Macedo, INGEMMET).

instituciones científicas, dentro de sus competencias, evalúen el comportamiento eruptivo pasado del volcán, tomando en cuenta además el mapa de peligros del volcán, para así considerar los tipos de erupciones pasadas, así como los productos emitidos.

Para dar mayor realismo al simulacro, es preciso utilizar lo siguiente:

- Sonidos especiales (silbatos, sirenas, etc.).
- Suspensión de la energía eléctrica.
- Uso de pañuelos mojados o mascarillas.
- Traslado de ambulancias.
- Simulación de heridos.

- Fingimiento de pánico y/o desmayos.
- Apoyo a minusválidos.

Para el caso del simulacro organizado en el distrito de Alto Selva Alegre en Arequipa (Fotos IV-12, IV-13 y IV-14), se trabajó en base a un escenario eruptivo probable, con un IEV de 2 a 3, el cual ocurrió hace más de 500 años, y que además es el más probable a ocurrir tomando en cuenta el periodo de recurrencia y la frecuencia de estos eventos (Thouret, 1997). Asimismo, este es el que se encuentra graficado en el área principal del mapa de peligros del volcán Misti, el cual también cuenta con otros escenarios eruptivos.



**Foto IV-12.** Concentración de la población de Alto Selva Alegre luego sentir las sirenas para iniciar el simulacro de evacuación (Foto: B. Zavala, INGEMMET).



**Foto IV-13.** Con mucho realismo, la población participó en el simulacro en Arequipa. (Foto: PREDES).



**Foto IV-14.** Simulación de atención de heridos por el Ministerio de Salud, simulacro en Arequipa (Foto: L. Macedo, INGEMMET).

#### d) Evaluación

Es importante calificar la eficacia y organización de los simulacros, de esta manera se conocerán los errores y se subsanarán en futuros simulacros, para mejorar estos ejercicios de prevención. Es necesario contar con formatos para calificar los procedimientos, la revisión y la actualización del plan después de la primera realización, así como de los subsecuentes simulacros. Estos formatos de evaluación deberán ser llenados por los evaluadores externos, los cuales son elegidos por los jefes de las oficinas de Defensa Civil. Los formatos serán revisados durante la evaluación del simulacro.

#### e) Recursos necesarios

Los jefes de Defensa Civil de los Gobiernos regionales como de los municipios deben encargar a cada institución dentro de sus

competencias los recursos necesarios para salvaguardar la realización correcta y lo más real posible del simulacro. En este rubro, es de vital importancia prever que se cuente con los recursos humanos y materiales suficientes para enfrentar una emergencia real. Algunos de los recursos materiales prioritarios son máscaras, botiquines de primeros auxilios, lámparas, radios a pilas, mantas, documentos personales, comida enlatada, agua, etc.

Dentro de la lista que deben atender las autoridades, se tiene transporte (Foto IV-15), combustible, carpas, *bladers* para almacenamiento del agua potable (Foto IV-16), carpas (Foto IV-17), baños químicos o construcción de letrinas, medicinas (Foto IV-18), agua, alimento racionalizado por familias, camiones de abastecimiento de alimentos, megáfonos, etc.



**Foto IV-15.** Caravana de vehículos MAN del ejército peruano para transportar a la población hacia los refugios en el simulacro de Arequipa (Foto: PREDES).



**Foto IV-16.** Bladers de agua potable para la población evacuada al albergue en el simulacro de Arequipa (Foto: B. Zavala, INGEMMET).



**Foto IV-17.** Campamento implementado según Proyecto Esfera para el simulacro de Arequipa (Foto: M. Rivera, INGEMMET).



**Foto IV-18.** Suministro de medicamentos y atención de primeros auxilios por la Cruz Roja Peruana, y simulacro de Arequipa (Foto: J. Mariño, INGEMMET).

f) Difusión

Es importante realizar la difusión en toda la ciudad por medio de la prensa local y nacional (Fig. IV-9 y IV-10), con la finalidad de que las personas que no participan en el simulacro no se asusten y colaboren con el desarrollo del mismo. Además es importante tener

en cuenta, que las erupciones volcánicas se dan en un proceso que puede durar de semanas a meses, lo que contribuye a las decisiones que deban irse tomando en este proceso por las autoridades, respecto a salvaguardar la integridad y la salud de las personas.



Fig. IV-9 y IV-10. Difusión del simulacro por la prensa local, y Simulacro en Arequipa (Foto: J. Mariño, INGEMMET).

## Primer Simulacro de Evacuación por Erupción Volcánica del Misti en Arequipa

Arequipa es una ciudad que viene experimentando un rápido crecimiento urbano en los últimos 50 años. La población de los distritos de Mariano Melgar, Alto Selva Alegre, Miraflores, Paucarpata y Chiguata se acercan cada vez más al volcán Misti, lo cual compromete sus vidas, actividades y bienes, en caso de producirse una reactivación del volcán Misti.

La ciudad de Arequipa cuenta con una población de cerca del millón de habitantes y es considerada la segunda ciudad en importancia económica y social del Perú. Es así que, por razones de expansión y crecimiento poblacional, los distritos crecen de manera desordenada, sin planificación alguna y sin considerar que el Misti durante los últimos 2000 años ha presentado erupciones importantes, que en un futuro puede volver a presentar.

Asimismo, muchas viviendas se encuentran en zonas de alto peligro, según el mapa de peligros del volcán Misti (INGEMMET), dentro o muy cerca del cauce de quebradas que bajan del volcán Misti, así como en las riberas de los ríos Chili y Andamayo. Más del 90% del agua potable que consume la ciudad de Arequipa, es captada del río Chili. Las cinco hidroeléctricas que abastecen de energía eléctrica a Arequipa, se ubican en el cañón del río Chili, flanco del volcán caracterizado por presentar sucesivos deslizamientos del edificio volcánico.

Por otro lado, la ciudad tiene cuatro principales vías de salida y todas deben cruzar los ríos Chili o Andamayo, cuyos cauces son zonas de alto peligro volcánico. A esto se suma el limitado monitoreo volcánico instrumental y la carencia de un plan integral de gestión de crisis volcánica.

En Arequipa como en muchas partes del mundo, existen poblaciones que viven muy cerca de volcanes activos, los cuales son potencialmente peligrosos, ya que pueden entrar en fase eruptiva en cualquier momento, y lo que es peor, la población que vive cerca de ellos desconoce los peligros volcánicos y las acciones que debería tomar en cuenta en caso de una erupción. De igual manera, las autoridades desconocen sus funciones frente a los desastres sobre la implementación de planes de emergencia o el tratamiento de la gestión de la crisis, lo que puede llevar a un gran desastre de no modificarse esta tendencia.

Por tales consideraciones, el INGEMMET desde el 2006 viene ejecutando un proyecto de educación y sensibilización frente a los peligros volcánicos, con la intención de revertir lo antes citado y mejorar la calidad de vida de las comunidades en riesgo, asesorando en la planificación, el desarrollo sostenido y la gestión del riesgo volcánico en Arequipa, tanto a las autoridades como a la población en su conjunto.

El día 16 de mayo de 2009, se llevó a cabo el 1.º Simulacro por Erupción Volcánica en Arequipa, en el distrito de Alto Selva Alegre. Este ejercicio marca un hito en la gestión de riesgos volcánicos en la segunda ciudad más importante de nuestro país. La activa participación de innumerables instituciones y personas muestra importantes avances en la reducción de riesgos de desastres en el sur de nuestro país.

El simulacro en mención no es un esfuerzo aislado, sino más bien forma parte de una política de prevención que viene implementándose en el distrito de Alto Selva Alegre desde el año 2006. Dicho año, la municipalidad de este distrito, conjuntamente con el INGEMMET y PREDES, inició el Plan Piloto de Educación, Difusión y Sensibilización Frente a los Peligros Volcánicos del Misti. El INGEMMET, en el marco del Proyecto Multinacional Andino-Geociencias para las Comunidades Andinas (PMA-GCA), desarrolló un esfuerzo sin precedentes para difundir y socializar el mapa de peligros del volcán Misti, siguiendo la filosofía del PMA-GCA, que es propiciar la utilización de información geocientífica para mejorar la calidad de vida de las personas.

La coordinación general del simulacro fue asumida por el Gobierno Regional de Arequipa (Foto IV-19) y la Municipalidad Distrital de Alto Selva Alegre, y se sumó en el proceso la Municipalidad Provincial de Arequipa junto a otras instituciones públicas y privadas.

### a) ¿Por qué un simulacro por erupción volcánica en Arequipa?

El mapa de peligros del volcán Misti, elaborado por el INGEMMET, evidencia que muchos sectores del casco urbano se encuentran en áreas de alto peligro, así como varios elementos vitales para el funcionamiento de la ciudad (agua potable, hidroeléctricas, puentes, autopistas, etc.), son altamente vulnerables frente a una erupción del Misti. Por otro lado, gran parte de la población arequipeña desconoce que el Misti es un volcán activo que puede entrar en fase eruptiva en cualquier momento.

Frente a una erupción del Misti, la evacuación de la población asentada en zonas críticas es una medida preventiva que tarde o temprano se adoptará. Un adecuado monitoreo del volcán Misti permitirá conocer con semanas o meses de anticipación, la cercanía de una erupción, lo cual hará posible evacuar a la población a lugares seguros.

Por las consideraciones antes citadas, los objetivos de este primer simulacro fueron comprobar el funcionamiento de los medios humanos y materiales previstos para situaciones de emergencia volcánica, evaluar la respuesta y participación de las autoridades y población involucrada y cuantificar el tiempo empleado en evacuar a la población en riesgo.



Foto IV-19. Los Gobiernos regionales son los encargados de planificar y organizar simulacros, que se ejecutan mediante coordinaciones entre el Jefe de Defensa Civil y Defensa Nacional y el Comité Regional de Defensa Civil. (Foto: L. Macedo, INGEMMET).



Fig. IV-11. Afiche para difundir la ejecución del 1.º Simulacro de Evacuación por Erupción Volcánica del Misti en Arequipa (Foto: L. Macedo, INGEMMET).

### b) Desarrollo del simulacro

El simulacro se inició el día 27 de abril, con la emisión del primer reporte, que indicaba el comportamiento inusual del volcán Misti. El día 16 de mayo a las 9:00 am, luego de tocar las sirenas indicando el inicio de la evacuación, se procedió a la evacuación de la población de los tres AA. HH., la cual fue trasladada a los puntos de embarque señalizados previamente. De manera ordenada, las personas subieron a los camiones MAN,

proporcionados por el ejército peruano. En cada punto de embarque se constituyó personal de salud, que se distribuyó luego en cada camión con la población. También se contó personal de la PNP para resguardo y seguridad de las viviendas, así como de personal de seguridad ciudadana.

### c) El simulacro en cifras

- Se utilizaron 10 camiones MAN del ejército y 4 vehículos de transporte público.

- Se armaron 70 carpas: 44 carpas de BUSF, 10 carpas del GRA, 10 de la Cruz Roja y 6 toldos de la Municipalidad de Alto Selva Alegre.
- Acudieron 5 ambulancias (3 de MINSA, 1 de EsSalud, 1 de Cruz Roja) y 2 camionetas.
- Participaron 200 efectivos policiales para resguardo y habilitación de vías de evacuación, con 6 patrulleros y 20 motos.
- Participaron 50 soldados del ejército, 50 brigadistas de salud, 30 BUSF, 20 bomberos, 30 voluntarios de Cruz Roja, 20 trabajadores ediles.
- Participaron 14 profesionales del INGEMMET.

#### d) Evaluación del simulacro

La evaluación del simulacro estuvo a cargo de funcionarios de Comités de Defensa Civil de las regiones Moquegua y Arequipa,

así como de las provincias Sánchez Cerro y Mariscal Nieto, y el distrito de Ubinas. En total, se contó con 25 evaluadores.

El simulacro fue calificado por los evaluadores de la región Moquegua (Foto IV-20) como *muy bueno*; y por los evaluadores de la región Arequipa, como *excelente*. El simulacro se desarrolló según el plan de evacuación previsto y en el tiempo determinado, sin embargo, se comprobó que el tiempo designado fue excesivo, ya que se logró terminar el simulacro una hora antes de lo previsto.

Durante la reunión de evaluación del simulacro, efectuada por el Comité Regional de Arequipa, los resultados presentados por las cinco comisiones de trabajo (Operaciones, Ley y Orden, Logística, Salud y Comunicaciones) fueron muy alentadores. Se evidenciaron también algunas falencias que deberán ser corregidas en los siguientes simulacros.

**Tabla IV-1**  
**Población participante del simulacro en Alto Selva Alegre**

Población participante en el simulacro				
Grupo de Edad	Mirador	Bella Esperanza	J. Heraud	Total
< 1 año	3			3
1-4 años	8	4	8	20
5-9 años	17	6	8	31
10-19 años	24	10	14	48
20-59 años	25	10	10	46
> 60 años		1		1
Gestante			1	1
	<b>77</b>	<b>31</b>	<b>41</b>	<b>149</b>



**Foto IV-20.** Funcionarios de Defensa Civil de la región Moquegua, que atendieron una crisis eruptiva del volcán Ubinas, evaluaron el simulacro de Arequipa. (Foto: L. Macedo, INGEMMET).

### e) Logros obtenidos por el simulacro

- Mayor toma de conciencia de las autoridades y de la población frente al peligro volcánico, ya que con este tipo de ejercicios de prevención se salvan vidas, lo cual es el fin principal.
- Se ha logrado por primera vez en Arequipa que los tres niveles de organización (regional, provincial y distrital) trabajen conjuntamente con sus respectivos Comités de Defensa Civil.
- Se ha logrado realizar trabajos de prevención ante la erupción volcánica del Misti. Es primera vez que sucede esto en Arequipa, ya que antes del simulacro, no se consideraba al volcán Misti como un peligro.
- Participación masiva de instituciones públicas y privadas, integrantes de los Comités de Defensa Civil.
- Participación activa de la población involucrada en el simulacro.
- Masiva difusión del ejercicio a través de los medios de comunicación.

**Nota.** Cabe mencionar que muchas de las imágenes empleadas en este documento muestran parte del trabajo realizado desde el inicio del Plan Piloto en Alto Selva Alegre.

### Simulacros con la familia

Un simulacro nos permite estar bien entrenados para actuar correctamente ante una emergencia y facilita la comprensión y aplicación de los más pequeños. Una ventaja adicional es que fomenta la *cultura de prevención* entre los miembros de la familia y de la comunidad (Fig. IV-12). Los pasos a realizar en un simulacro son los siguientes:

- Imaginar algunas situaciones de emergencia probables en su vivienda y su localidad.
- Asignar responsabilidades a cada uno de los miembros de la familia.
- Emitir la señal de alarma (voz, campana, etc.) para iniciar el simulacro.
- Interrumpir inmediatamente las actividades y actuar según el plan previsto.
- Cerrar las llaves de paso de electricidad, agua y gas.
- Recorrer las rutas correspondientes.
- Conducirse con orden: no correr, no gritar, no empujar.
- Llegar al punto de reunión convenido.
- Revisar que nadie falte y que todos se encuentren bien.
- Evaluar los resultados, ajustar tiempos y movimientos, y corregir errores.



Fig. IV-12. Una familia organizada garantiza que no se cometan errores por pánico o desconocimiento, lo cual en su momento puede salvarles la vida. (INGEOMINAS).

## SEÑALIZACIÓN PARA CASO DE ERUPCIONES VOLCÁNICAS

Normalmente estamos familiarizados a las señales de autoprotección, como para el caso de sismos; también existe señalización específica para indicar áreas donde la población debe reunirse para que desde ese lugar sea evacuado hacia los albergues, en casos de erupciones volcánicas (Fotos IV-21 y IV-

22). Asimismo, existen otras en las que se indica con flechas las rutas de evacuación, por donde la población debe dirigirse hacia el albergue más próximo, o el albergue destinado a un determinado grupo, que va de acuerdo al barrio, urbanización u organizaciones (vasos de leche, comedores populares, etc.); de este modo, se garantiza la compatibilidad de las personas y además la organización ya existente.



Foto IV-21. Señalización que indica puntos de embarque donde la población deberá reunirse cuando las autoridades lo indiquen para poder ser evacuada a zonas seguras. (Foto: Municipalidad de Alto Selva Alegre).



Foto IV-22. Señalización que indica las rutas de evacuación hacia zonas seguras o albergues (Foto: Municipalidad de Alto Selva Alegre).

## MAPAS DE RUTAS Y ETAPAS DE EVACUACIÓN

Dentro de los planes de contingencia, se contempla la elaboración de mapas de rutas y etapas de evacuación. Las rutas de evacuación son las vías por donde la población debe realizar la evacuación en casos de erupción volcánica. Es importante que permanezcan despejadas y libres de elementos que puedan estropear el desplazamiento ligero hacia los albergues.

Las rutas de evacuación deben ser marcadas con materiales visibles y duraderos, para que la población las reconozca fácilmente

(Fig. IV-13). Dado el caso en el que se dañe la iluminación, es preciso que la señalización esté diseñada con pintura fosforescente.

Es importante mencionar que la mejor herramienta para salir ileso de una situación complicada o de emergencia es la calma.

Las etapas de evacuación están consideradas de acuerdo al grado de actividad que presente el volcán, así como al grado de exposición al riesgo que tiene la población, lo cual se señalará por medio del Semáforo de Alerta Volcánica.

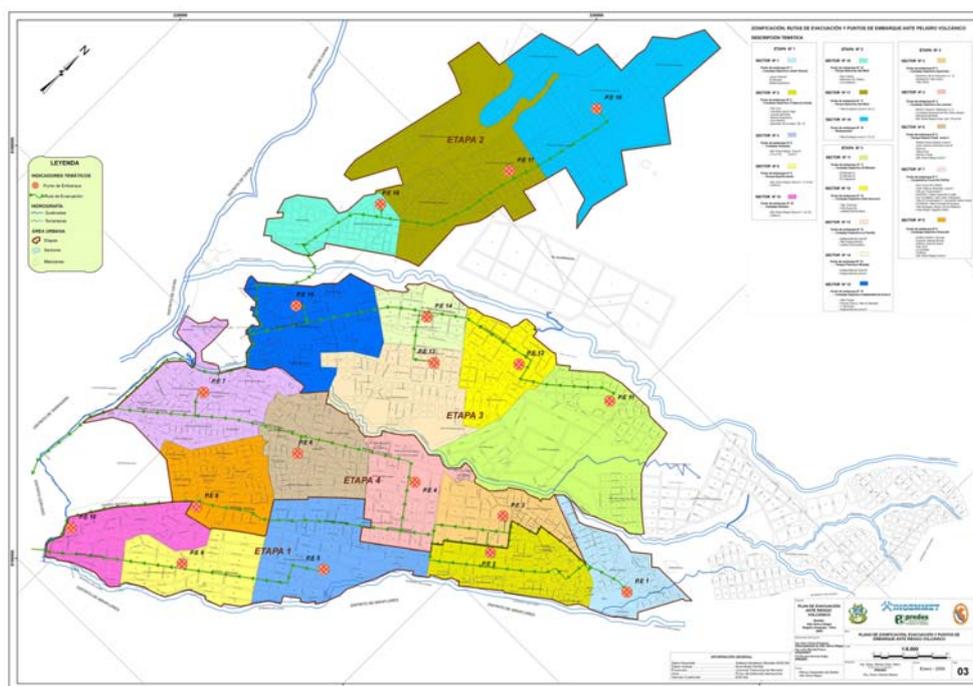


Fig. IV-13. Mapa de rutas y etapas de evacuación del distrito de Alto Selva Alegre, en Arequipa. (Elaboración: Municipalidad de Alto Selva Alegre con el asesoramiento de INGEMMET y PREDES).

## EVACUACIÓN

Una evacuación es un conjunto de acciones mediante las cuales se pretende proteger la vida y la integridad de las personas que se encuentran en una situación de peligro, mediante su traslado a un lugar de menor riesgo.

Foto IV-23. Momento de evacuación de la población del A. H. Bella Esperanza de Alto Selva Alegre, dentro del desarrollo del simulacro de evacuación (Foto L. Macedo, INGEMMET)

En un ambiente de emergencia es preciso que todas las personas, incluyendo los visitantes, conozcan cómo actuar y por dónde salir en caso de ser necesario. Es primordial que se conozcan las rutas

de evacuación del área que se habita. Por lo tanto, es necesario que las autoridades difundan en lugares públicos los mapas de peligros y de rutas, y las etapas de evacuación.

El INGEMMET ha hecho el esfuerzo de distribuir 3000 ejemplares del mapa de peligros del volcán Misti a instituciones públicas, colegios, hospitales, fuerzas armadas, municipalidades, etc. (Foto IV-24). Pero no es suficiente, por lo que es necesario seguir con este proceso. Por otro lado, la Municipalidad Provincial de Arequipa ha declarado un documento oficial para la gestión del riesgo, mediante una Ordenanza Municipal, en noviembre de 2010 (Fig. IV-14).



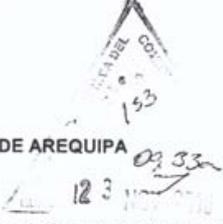
# ORDENANZA MUNICIPAL

## N° 658

**MUNICIPALIDAD PROVINCIAL  
DE AREQUIPA**

Arequipa, 2010 Noviembre 15

*caucobas*  
*reus*



**EL ALCALDE DE LA MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE AREQUIPA**

**POR CUANTO:**

El Concejo Municipal Provincial de Arequipa en Sesión Ordinaria realizada el 10 de noviembre de 2010;

**CONSIDERANDO:**

Que, de conformidad con lo dispuesto por el artículo 191° de la Constitución Política del Perú, los Gobiernos Locales tienen autonomía económica, política y administrativo en los asuntos de su competencia;

Que, de conformidad con lo dispuesto por el inciso 5) del artículo 192° de la Constitución Política del Perú, es competencia de las Municipalidades la planificación del desarrollo urbano y rural de sus circunscripciones, y de ejecutar los planes y programas correspondientes;

Que, debido al crecimiento sin planificación de la ciudad, se han ocupado terrenos expuestos a peligros para fines habitacionales, creando sectores urbanos de Alto Riesgo para la vida y la salud de sus pobladores;

Que, de conformidad con lo dispuesto por el inciso d) del artículo 73° de la Ley 27972, Ley Orgánica de Municipalidades, la Municipalidad Provincial de Arequipa es competente para emitir las normas técnicas generales, en materia de organización del espacio físico y uso del suelo así como sobre protección y conservación del ambiente;

Que, el numeral 1.1 del inciso 1) del artículo 79° de la Ley 27972 establece que es función específica exclusiva de las Municipalidades Provinciales la aprobación del Plan de Acondicionamiento Territorial de nivel provincial, que identifique las áreas urbanas y de expansión urbana, así como las áreas de protección o de seguridad por riesgos originados por fenómenos naturales peligrosos; las áreas agrícolas y las áreas de conservación ambiental, siendo posible determinar los sectores de la ciudad donde los efectos de los fenómenos naturales ocasionaran menores daños, dado que nuestra provincia se encuentra ubicada en la parte baja del Volcán Misti, es necesario considerar el peligro volcánico, dado que durante los últimos 2000 años ha presentado erupciones importantes que han afectado el área donde actualmente se encuentra ubicada la ciudad de Arequipa;

Que, los Mapas de Peligro, constituyen elementos muy importantes para la preparación de programas de prevención y mitigación de desastres, concordante con lo dispuesto en el Decreto Ley 19338 Ley del Sistema Nacional de Defensa Civil, los Decretos Legislativos 442 y 735 D.S. N° 005-84-SGMD-Reglamento del SINADECI en salvaguarda de la vida humana y patrimonio de la población;

Que, durante los años 2005, 2006 y 2007, el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), elaboró estudios geológicos y vulcanológicos en el Volcán Misti, orientados a la elaboración de un nuevo Mapa de Peligros del Volcán Misti. Dicho trabajo fue realizado en cooperación con especialistas de la Universidad Blaise Pascal (FRANCIA), instituto de Investigación para el Desarrollo de Francia (IRD), Universidad Autónoma de México (UNAM), Proyecto Multinacional Andino (PMA-GCA), Universidad de Buffalo (USA), Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa y Universidad Católica Santa María de Arequipa, Gobierno Regional de Arequipa, la Dirección Regional INDECI – Sur y la Municipalidad Provincial de Arequipa;

Que, el nuevo Mapa de Peligros del Volcán Misti presentado públicamente en enero del 2008 por el señor Alcalde de la Municipalidad Provincial de Arequipa don Simón Balbuena Marroquín, ha puesto en evidencia zonas de alto riesgo volcánico en la ciudad de Arequipa, las mismas que se encuentran principalmente en áreas aledañas al cauce del río Chillí y el río Andamayo, así como de las quebradas San Lázaro, Pastores, Huarangal y otras quebradas que descienden del volcán Misti y pasan por la zona urbana de la ciudad;

Que, la adecuada implementación de la Gestión de Riesgo de Desastres, permitirá salvar vidas humanas de manera que se evite el sufrimiento y dolor;

Fig. IV-14-1. Copia de la Ordenanza Municipal 10.11.2010.



*contas  
revisada*

## ORDENANZA MUNICIPAL N° 658

**MUNICIPALIDAD PROVINCIAL  
DE AREQUIPA**

Arequipa, 2010 Noviembre 15

En ejercicio de las facultades conferidas al Concejo Provincial de Arequipa por la Ley 27972, con el Informe N° 073-2010-MPA/GM/SGDCN/JVA y el Dictamen Legal N° 806-2010-MPA-GAJ y con el voto unánime de los señores Regidores, se aprobó la siguiente:

**ORDENANZA:**

**ARTÍCULO PRIMERO.** - Apruébese el **MAPA DE PELIGROS DEL VOLCÁN MISTI**, elaborado por el Instituto Geológico Minero y Metalúrgico (INGEMMET), y publicado el 2008, como documento oficial de Gestión de la Municipalidad Provincial de Arequipa.

**ARTÍCULO SEGUNDO.** - Dispóngase, que el **MAPA DE PELIGROS DEL VOLCÁN MISTI**, sea un documento cartográfico de consulta obligada en la implementación del ordenamiento territorial y planificación del desarrollo de la ciudad de Arequipa. Asimismo, debe ser utilizado en la elaboración de políticas de prevención, mitigación de riesgos y la posible atención de una crisis volcánica futura del MISTI.

**ARTÍCULO TERCERO.** - Declárese de necesidad y seguridad pública la correcta aplicación de lo dispuesto por la presente Ordenanza Municipal, encargando a la Gerencia de Desarrollo Urbano la ejecución, supervisión, fiscalización y evaluación del cumplimiento del Plan de Usos de Suelo, comprometiendo a todas las autoridades de la ciudad de Arequipa a realizar las acciones pertinentes necesarias, con el fin de salvaguardar la vida y salud humana.

**ARTÍCULO CUARTO.** - Encargar al Alcalde Provincial la promulgación de las disposiciones que fueran necesarias para el mejor cumplimiento de lo dispuesto en la presente Ordenanza Municipal; así como los Estudios Complementarios.

**ARTÍCULO QUINTO.** - Precisar que la presente Ordenanza entrará en vigencia al día siguiente de su publicación.

**POR TANTO:**

Mando se registre, comuniqué, publique y cumpla.


 **JOSE MARIN TORANZO CONCHA**  
SECRETARIO GENERAL

 **SIMÓN BALBUENA MARROQUÍN**  
ALCALDE DE AREQUIPA

**MUNICIPALIDAD PROVINCIAL  
DE AREQUIPA**  
**19 NOV. 2010**  
TRAMITE DOCUMENTARIO  
Y ARCHIVO

Fig. IV-14-2. Copia de la Ordenanza Municipal 10.11.2010.



Foto IV-23. Momento de evacuación de la población del AAHH esperanza de Alto Selva, Alegre, dentro del desarrollo del simulacro de evacuación. (Foto L. Macedo INGEMMET).

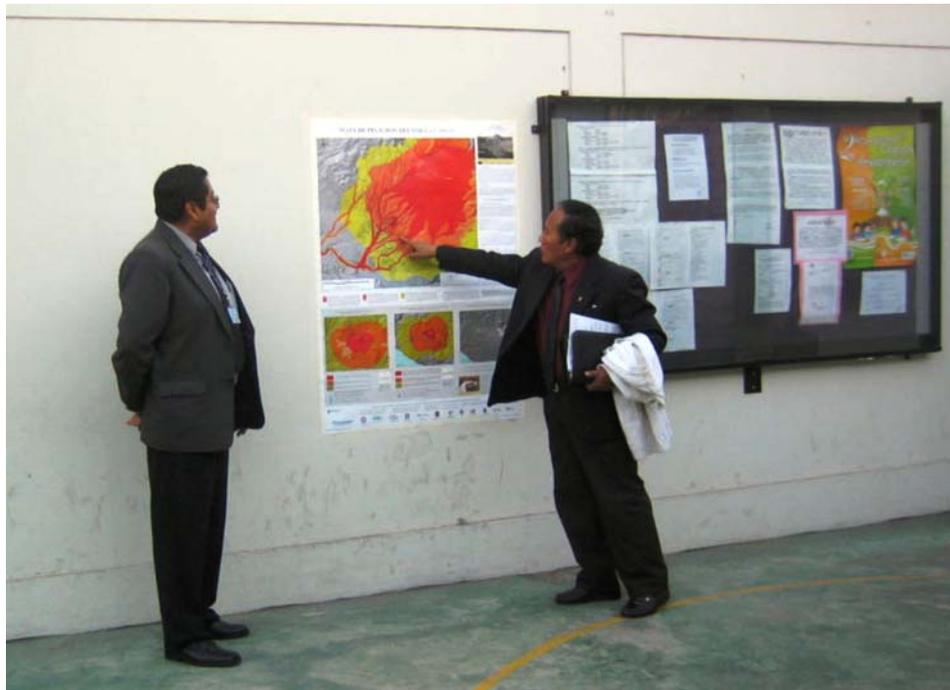


Foto IV-24. Mapa de peligros del volcán Misti, ubicado en la UGEL Sur de Arequipa (Foto: L. Macedo, INGEMMET).

### ¿Qué hacer durante la evacuación?

Cuando se reciba una orden de evacuación debe tenerse todo listo en casa para partir con la familia al refugio más cercano. Entérate qué pasos seguir para cuidar tu propiedad y poner a resguardo a tu familia. No hay tiempo que perder.

- Cuando las autoridades, den la señal de evacuación es porque lo consideran necesario para proteger su vida.
- Debe seguir las instrucciones de las autoridades y conservar la calma.
- Asegúrese que toda su familia esté presente en el centro de reunión para efectuar la evacuación (incluir mascotas).

- No pierda tiempo intentando llevar pertenencias o animales que solo complican la evacuación. Piense que el lugar que se ocupará podría servir para salvar a otras personas (Fig. IV-15).
- Al llegar al refugio, proporcione todos los datos que se le solicite, para recibir ayuda y suministros.
- Debe procurar mantener unida a la familia y obedecer las instrucciones que se les den.
- No haga caso a rumores y tampoco los propague.
- Debe regresar a casa solamente cuando las autoridades así lo indiquen.

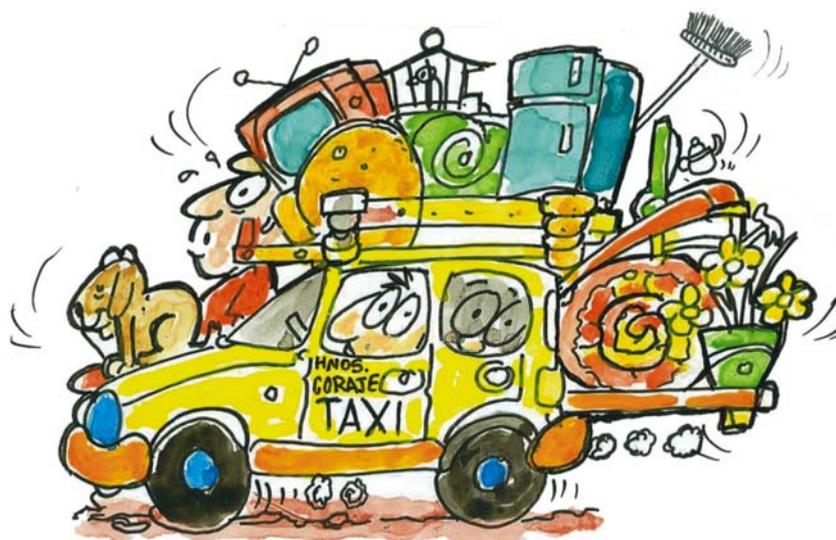


Fig. IV-15. No lleve cosas innecesarias, que ocupan el espacio que puede salvar a más personas.

### Albergues

Las zonas destinadas como albergues son los lugares a los cuales las personas evacuadas deben llegar. Estos espacios han sido previamente identificados y señalizados; tienen las condiciones mínimas para albergar a las familias evacuadas, cuando se encuentre en peligro su vida o su salud, debido a su cercanía al volcán.

### Retorno a la normalidad

Personal calificado y de Defensa Civil se encargará de efectuar una revisión de las instalaciones después de haber pasado la emergencia, con el objeto de brindar mayor seguridad y protección a los evacuados, procediendo entonces a dar la indicación de reingreso al inmueble.

- Solo las autoridades serán las responsable de comunicar el regreso a las viviendas.

- Antes de entrar a su vivienda, compruebe en qué condiciones se encuentra. Si hay cenizas en el techo, quitelas. Si detecta cualquier anomalía y tiene dudas, consulte a los Cuerpos de Emergencia.
- Compruebe, antes de su utilización, las instalaciones de gas, agua, electricidad y limpie cuidadosamente todos los electrodomésticos.
- No debe tomar alimentos o bebidas que estén contaminados.
- En el periodo posterior a su regreso, manténgase atento a la información proporcionada por las autoridades y al semáforo; la erupción puede continuar sin riesgo inmediato para su vida.
- Colabore con los Cuerpos de Protección Civil y otros organismos en la ayuda a los demás miembros de la comunidad que lo necesiten, con el fin de recuperar lo más rápidamente posible la normalidad.
- Toda la familia debe continuar con las actividades cotidianas.



Foto IV-25. Albergue de Chacchagen, armado para atender la emergencia de la crisis del volcán Ubinas (Foto: M. Rivera, INGEMMET).

## NIVELES DE ACTIVIDAD VOLCÁNICA

Supongamos que un volcán se encuentra adecuadamente instrumentado y bajo continua vigilancia por un equipo científico y técnico. El problema consiste en cuantificar la actividad del volcán en cada momento, y de qué modo se puede transmitir esta información de manera clara y precisa a la población y autoridades. Para tal propósito es que se ha diseñado el Semáforo de Alerta Volcánica.

### Semáforo de Alerta Volcánica

Tras diversos ensayos de múltiples y complejas escalas, se ha llegado a la conclusión de que la forma más adecuada se reduce a la adopción de cuatro niveles de alerta: verde, amarillo, naranja y rojo. A esta escala se le denomina el **Semáforo de Alerta Volcánica**, que es un sistema de alerta oportuno que permite definir en cada momento cómo deben actuar los equipos técnicos que intervienen en la gestión de la crisis volcánica, así como las comunicaciones que deben establecerse con los elementos de Defensa Civil. Asimismo, es el mecanismo que nos mantiene informados sobre los diferentes niveles de peligro que presenta la actividad del volcán para que la población tome las medidas de seguridad pertinentes.

Es importante establecer claramente la escala ascendente (inicio de una crisis volcánica) como la descendente (vuelta a la normalidad). Este concepto de semáforo, nacido originalmente para la gestión científica de una crisis volcánica, se puede aplicar también para la gestión de la emergencia, por ejemplo, para la evacuación de las poblaciones situadas en las proximidades del volcán.

Cerca de muchos volcanes en el mundo existen observatorios que pueden dar la alerta. Un observatorio de vigilancia es el medio ideal para hacer seguimiento a la actividad de un volcán entre periodos de erupción, y para poder pronosticar las erupciones. Al interior del observatorio, los vulcanólogos permanentemente vigilan de manera visual al volcán, pero sobre todo gracias a los diferentes aparatos que pueden detectar los signos de movimiento como la tierra que se rompe para abrir paso al magma que está en ascenso, las fumarolas que cambian de composición química, color, olor, o el volcán que cambia de forma y/o tamaño.

El Perú cuenta con una oficina de vulcanología ubicada en la ciudad de Arequipa, donde existe un grupo de vulcanólogos que se encarga de vigilar a los volcanes activos que se encuentran en el sur del Perú. Esta es una oficina descentralizada del INGEMMET.

Tabla IV-2  
Semáforo de alerta volcánica

Semáforo de Alerta Volcánica			
Situación del volcán	Color de alerta	Nivel IEV	Recomendaciones
<p>La Comisión de Ciencia y Tecnología, comunica periódicamente a las autoridades sobre el estado del volcán.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El volcán en estado de reposo</li> <li>• Condiciones estables</li> <li>• Emanaciones de gases mayormente vapor de agua</li> <li>• Actividad sísmica de baja intensidad</li> <li>• Fumarolas de hasta 500 m de altura</li> </ul>	<p>Las autoridades de Defensa Civil comunican a la población el color de alerta volcánica.</p> <p style="text-align: center;"></p>	<p>Índice de Explosividad Volcánica</p> <p style="text-align: center;">0</p>	<p>La población debe mantenerse informada para acatar las recomendaciones e indicaciones de las autoridades.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenerse informado sobre la actividad del volcán.</li> <li>• Desarrollar y practicar planes de emergencia.</li> <li>• Participar en los simulacros de evacuación.</li> <li>• Promover la reubicación de infraestructuras en áreas en alto peligro volcánico.</li> <li>• Identificar rutas de evacuación, lugares de embarque y albergues.</li> </ul>
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Incremento de la actividad sísmica local</li> <li>• Incremento de emanación de fumarolas acompañadas de ruidos</li> <li>• Explosiones leves a moderadas, fragmentos rocosos lanzados alrededor del cráter</li> <li>• Caídas de cenizas notorias sobre poblaciones cercanas</li> <li>• Deformación del edificio volcánico casi imperceptible</li> </ul>	<p style="text-align: center;"></p>	<p>1 - 2</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Mantenerse alerta y obedecer las indicaciones que emitan las autoridades de Defensa Civil.</li> <li>• Tener reserva de agua potable y cubrir los depósitos.</li> <li>• Preparar un botiquín con medicinas de uso común y por prescripción médica</li> <li>• Tener al alcance DNI, partidas de nacimiento, radio a pilas, linterna, llaves de casa y automóviles.</li> <li>• Ejecutar simulacros de evacuación.</li> <li>• Estar preparado para una probable evacuación.</li> </ul>

Semaforo de Alerta Volcánica			
Situación del volcán	Color de alerta	Nivel IEV	Recomendaciones
<p><b>Nivel 1</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento significativo de la actividad volcánica</li> <li>• Incremento de la actividad sísmica</li> <li>• Aumento de fumarolas y de la altura de la columna eruptiva (&lt; 500 m)</li> <li>• Caídas constantes de cenizas y proyectiles balísticos</li> <li>• Lluvias ácidas, contaminación de aguas</li> <li>• Ocurrencia de flujos de lodo (lahares)</li> <li>• Interrupción del tráfico aéreo</li> </ul>	 <p style="text-align: center;"><b>NARANJA</b></p>	<p style="text-align: center;">3 - 4</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Seguir indicaciones de las autoridades y brigadistas de Defensa Civil.</li> <li>• Conservar la calma.</li> <li>• Colocar credenciales de identificación a los miembros de su familia</li> <li>• La población que pueda evacuar por propios medios, debe hacerlo.</li> <li>• Si la indicación es evacuar, debe hacerse sin contemplaciones.</li> <li>• Si no localiza el albergue, se debe caminar hasta un lugar seguro.</li> <li>• Ejecutar el plan de contingencia para erupciones volcánicas.</li> </ul>
<p><b>Nivel 2</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Explosiones grandes que pueden lanzar fragmentos de pómez hasta las poblaciones más cercanas</li> <li>• Formación de flujos piroclásticos hasta 14 Km de distancia</li> <li>• Formación de grietas en el volcán, olores fuertes</li> <li>• Caídas de cenizas, provocando colapso de techos</li> <li>• Riesgos graves a la aviación</li> </ul>			

Semaforo de Alerta Volcánica			
Situación del volcán	Color de alerta	Nivel IEV	Recomendaciones
<ul style="list-style-type: none"> <li>Actividad volcánica crítica con presencia de intensos y prolongados sismos</li> <li>Peligro inminente de erupción explosiva de proclastos de un diámetro mayor a 20 cm</li> <li>Flujos proclásticos que pueden alcanzar distancias mayores a 15 km de distancia, flujos de lavas</li> <li>Fuertes emisiones de ceniza de gran volumen, con afectación a nivel regional, lluvias ácidas a gran distancia</li> <li>Formación de flujos de lodo (lahares) a nivel regional</li> </ul>		5 a más	<ul style="list-style-type: none"> <li>Seguir las indicaciones de las autoridades y brigadistas de Defensa Civil.</li> <li>Evacuar totalmente a la población en un radio de 30 km del volcán.</li> <li>Al llegar al refugio temporal, registrarse y ubicarse en el lugar que se indique.</li> <li>Mantener la calma.</li> <li>Mantenerse continuamente informado sobre la evolución del fenómeno.</li> <li>Ejecutar el plan de contingencia ante erupciones volcánicas.</li> </ul>
<b>Después de la Erupción</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Solo las autoridades pueden decidir cuándo será seguro regresar a las viviendas.</li> <li>Antes de ingresar a su vivienda, deben verificarse las condiciones en que se encuentra; en caso de dudas, consultar a los Cuerpos de Emergencia.</li> <li>Si el techo tiene ceniza, debe retirarse, cuidando que no caiga al drenaje; para hacerlo debe protegerse con una máscara.</li> <li>No utilizar electricidad ni gas a menos que esté seguro de que las instalaciones estén limpias de ceniza y en buen estado.</li> <li>No comer ni beber nada que pudiera estar contaminado; si duda consultar, puede consultarse a las autoridades competentes.</li> </ul>		

## Marco de Acción de Hyogo 2005-2015: aumento de la resiliencia de las naciones y las comunidades ante los desastres

Para el tratamiento de la prevención de desastres, es preciso tener en cuenta el Marco de Acción de Hyogo (EIRD):

«Todos los años, más de 200 millones de personas resultan afectadas por las sequías, inundaciones, ciclones, terremotos, incendios forestales y otras amenazas. Además de la pobreza, la creciente densidad de la población, la degradación ambiental y el calentamiento global están logrando que el impacto de las amenazas naturales empeore aún más.

Los acontecimientos de los últimos años nos han recordado que las amenazas naturales pueden afectarnos a todos, en cualquier parte. Del tsunami del Océano Índico al terremoto en el sur de Asia, de la devastación que produjeron los huracanes y ciclones en los Estados Unidos, el Caribe y el Pacífico a las fuertes inundaciones en Europa y Asia, cientos de miles de personas han perecido; y millones han perdido sus fuentes de sustento debido a los desastres ocasionados por las amenazas naturales.

A pesar de que muchos conocen la miseria humana y las paralizantes pérdidas económicas que resultan debido a los desastres, lo que pocos se dan cuenta es que esta devastación puede prevenirse mediante iniciativas para la reducción del riesgo de desastres.

Los Gobiernos en todo el mundo se han comprometido a tomar medidas para reducir el riesgo de desastres y han adoptado un lineamiento denominado el Marco de Acción de Hyogo (Marco de Hyogo) para reducir las vulnerabilidades frente a las amenazas naturales. El marco ofrece asistencia a los esfuerzos de las naciones y comunidades para volverse más resistentes a las amenazas que ponen en riesgo los beneficios del desarrollo y para enfrentarlas de mejor manera.

La colaboración es la base del Marco de Hyogo: los desastres pueden afectar a cualquiera y, por tanto, son un asunto de todos. La reducción del riesgo de desastres debe formar parte de la toma de decisiones cotidianas: desde la forma en que la gente educa a sus hijos hasta cómo se planifican las ciudades. Cada decisión puede hacernos más vulnerables o, por el contrario, más resistentes».

### Prioridades de acción

a) Lograr que la reducción del riesgo de desastres sea una prioridad

«Garantizar que la reducción del riesgo de desastres (RRD) sea una prioridad nacional y local con una sólida base institucional para su implementación».

Para salvar vidas y fuentes de sustento, que las amenazas naturales ponen en riesgo, es necesario un sólido compromiso en los ámbitos nacional y local. De la misma forma en que actualmente se requiere de evaluaciones de impacto ambiental y social, las amenazas naturales deben considerarse en la toma de decisiones de los sectores público y privado. Por lo tanto, los países deben desarrollar o modificar políticas, leyes y marcos organizativos, al igual que planes, programas y proyectos, con el propósito de reducir el riesgo de desastres. Los países también deben asignar los recursos suficientes para brindar apoyo a estos esfuerzos y mantenerlos. Esto incluye lo siguiente:

«Crear plataformas nacionales multisectoriales y efectivas, para orientar los procesos de formulación de políticas y para coordinar las diversas actividades; integrar la reducción del riesgo de desastres a las políticas y la planificación del desarrollo, tales como las Estrategias para la Reducción de la Pobreza; y garantizar la participación comunitaria, con el fin de que se satisfagan las necesidades locales».

#### • La colaboración es esencial

Dentro de su composición, la Plataforma Nacional de Madagascar para la Reducción de Desastres incluye diversos departamentos gubernamentales tales como educación, agua, transporte y comunicación, agricultura y ganadería, tierras, y la Oficina del Primer Ministro, al igual que diversas ONG, medios de comunicación, agencias donantes y las Naciones Unidas. La plataforma conduce sesiones de capacitación en materia de reducción de desastres y ha afianzado su capacidad de preparación en desastres mediante la construcción de refugios en caso de ciclones. Asimismo, la plataforma se encuentra finalizando el establecimiento del Sistema de Alerta Temprana de Madagascar y actualizando el documento de la Estrategia para la Reducción de la Pobreza (PRSP) del país, con el fin de establecer vínculos entre la reducción del riesgo de desastres y la reducción de la pobreza.

«Todos tienen la responsabilidad de reducir el riesgo de desastres. La instauración de sólidas alianzas entre las agencias gubernamentales, el sector privado y las organizaciones de la sociedad civil es esencial para desarrollar verdaderamente una cultura de reducción del riesgo y para integrar la reducción del riesgo de desastres a las políticas y la planificación».

Sr. Jacky R. Randimbarison, Coordinador de la Plataforma Nacional

#### b) Conocer el riesgo y tomar medidas

«Identificar, evaluar y observar de cerca los riesgos de los desastres, y mejorar las alertas tempranas».

Con el propósito de reducir sus vulnerabilidades frente a las amenazas naturales, los países y las comunidades deben conocer

el riesgo que están enfrentando y tomar medidas con base en tal conocimiento. Esta comprensión del riesgo precisa de inversión en las capacidades científicas, técnicas e institucionales para observar, registrar, investigar, analizar, predecir, modelar y elaborar mapas de las amenazas naturales.

También es necesario desarrollar y diseminar herramientas. En ese sentido, la información estadística en torno a los desastres, los mapas de riesgos y los indicadores de vulnerabilidad y de riesgo son esenciales. Los países necesitan utilizar este conocimiento para desarrollar efectivos sistemas de alerta temprana, adaptados adecuadamente a las circunstancias singulares de la gente que enfrenta los riesgos. Se ha aceptado ampliamente que la alerta temprana es un componente vital de la reducción del riesgo de desastres. Si los sistemas de alerta temprana son efectivos, se brinda información a la población vulnerable sobre una amenaza y se ponen en marcha los planes necesarios para tomar medidas, así es posible salvar miles de vidas.

- **La alerta temprana salva vidas**

Una alerta emitida con anticipación puede marcar la diferencia entre la vida y la muerte. Cuba representa una muestra de ello, ya que es uno de los países mejor preparados en el Caribe para enfrentar la época de huracanes.

Setenta y dos horas antes de que una tormenta llegue a tierra, los medios nacionales de comunicación emiten alertas y los comités de protección civil revisan los planes de evacuación. Cuarenta y ocho horas antes de la tormenta prevista, las autoridades se concentran en las alertas emitidas en las zonas de alto riesgo. Doce horas antes de la llegada de la tormenta, se protegen los hogares, se remueve cualquier escombros disperso en los barrios y se evacúa a los habitantes.

Este sistema de alerta temprana ha mostrado ser eficiente. Durante 2004, cuando el huracán Charley azotó Florida, 70 000 viviendas resultaron dañadas y cuatro personas murieron. Al mes siguiente, cuando se produjo el huracán Iván, se evacuó a más de 2 millones de personas y no se produjeron pérdidas humanas.

- c) **Desarrollar una mayor comprensión y concientización**

**«Utilizar el conocimiento, la innovación y la educación para crear una cultura de seguridad y resiliencia a todo nivel».**

Los desastres pueden reducirse considerablemente si la gente se mantiene informada sobre las medidas que pueden tomar para reducir su vulnerabilidad y si se sienten motivados para actuar. Las principales actividades dirigidas a desarrollar una mayor concientización sobre la prevención de desastres son las siguientes:

Brindar información relevante sobre el riesgo de desastres y medios de protección, en particular para aquellos ciudadanos que habitan

en zonas de alto riesgo; fortalecer las redes y promover el diálogo y la cooperación entre los expertos en desastres, los especialistas técnicos y científicos, los encargados de la planificación y otros actores; incluir el tema de la reducción del riesgo de desastres en la educación formal y no formal, al igual que en actividades de capacitación; desarrollar o fortalecer los programas de base para la gestión del riesgo de desastres; y trabajar conjuntamente con los medios de comunicación en actividades dirigidas a la concientización sobre la reducción del riesgo de desastres.

- **El conocimiento local es esencial para la reducción de desastres**

En la isla de Simeleu, situada al frente de las costas de Sumatra, de una población de 83 000 habitantes solo 7 perecieron durante el tsunami del Océano Índico. En la cercana zona continental de Aceh, 100 000 personas fallecieron. La gente de Simeleu ha mantenido su propio conocimiento local sobre los terremotos, que denominan *smong*. Cada generación instruye a la siguiente sobre las señales de alerta temprana de las amenazas naturales.

«En 1907 ya se había producido un tsunami aquí en Simeleu, así que nuestras abuelas siempre nos dieron el siguiente consejo: si se va a producir un terremoto, debemos ir a *observar la playa: si la marea está baja, el smong o tsunami se acerca y debemos buscar zonas más altas*».

Sr. Darmili Bhupati, isla de Simeleu

- d) **Reducir el riesgo**

La vulnerabilidad frente a las amenazas naturales se incrementa de muchas formas, por ejemplo, al ubicar a las comunidades en zonas propensas a amenazas como las planicies aluviales; al destruir los bosques y los humedales, con lo cual se daña la capacidad del medio ambiente de hacer frente a las amenazas; y al no contar con mecanismos de seguridad social y financiera.

Los países pueden desarrollar su resiliencia ante los desastres al invertir en medidas simples y muy bien conocidas para reducir el riesgo y la vulnerabilidad. Los desastres pueden reducirse al aplicar normas relevantes de construcción para proteger la infraestructura vital (escuelas, hospitales y hogares). Los edificios vulnerables se pueden modernizar para lograr un nivel más alto de seguridad. La protección de valiosos ecosistemas, como arrecifes de coral y manglares, permite que los mismos actúen como barreras naturales a las tormentas. Las iniciativas efectivas en materia de seguros y microfinanzas pueden contribuir a transferir el riesgo y ofrecer recursos adicionales.

- **El desarrollo de la resiliencia protege a las comunidades**

Por lo general, los edificios inseguros y la falta de códigos de construcción, o su incumplimiento, causan más muertes que las

propias amenazas naturales. En Bam, Irán, más de 30 000 personas perecieron y otras 30 000 resultaron heridas cuando el 26 de diciembre de 2003 un terremoto se produjo en la ciudad. Uno de los principales factores que contribuyó a esta alta cifra de víctimas fue que los edificios tradicionales de ladrillo de barro se desmoronaron, asfixiando a la gente adentro. Prácticamente, todos los sobrevivientes se quedaron sin hogar, puesto que el 85% de los edificios se derrumbó.

«Las casas liquidaron a la población, no el terremoto».  
Mohamed Rahimnejad, Ingeniero Civil, Irán

#### e) Esté preparado y listo para actuar

Fortalecer la preparación en desastres para una respuesta eficaz a todo nivel.

El hecho de estar preparados, lo que incluye la conducción de evaluaciones del riesgo, antes de invertir en el desarrollo a todo nivel de la sociedad, permitirá a las poblaciones ser más resistentes a las amenazas naturales. La preparación implica diferentes tipos de actividades, entre las que se encuentran las siguientes:

El desarrollo y puesta a prueba con frecuencia de los planes de contingencia; el establecimiento de fondos de emergencia para brindarle apoyo a las actividades de preparación, respuesta y recuperación; el desarrollo de enfoques regionales coordinados para una efectiva respuesta ante un desastre; y un diálogo continuo entre las agencias encargadas de las actividades de respuesta, los responsables de la planificación, los gestores de políticas y las organizaciones de desarrollo.

Asimismo, los ejercicios frecuentes de preparación en desastres, incluyendo los simulacros de evacuación, también son esenciales

para garantizar una rápida y eficaz respuesta ante los desastres. La organización y los planes efectivos de preparación también ayudan a hacerle frente a muchos de los desastres de pequeña y mediana magnitud, los cuales se producen reiteradamente en muchas comunidades. Las amenazas naturales no pueden prevenirse, pero sí es posible disminuir su impacto al reducir la vulnerabilidad de la gente y de sus fuentes de sustento.

- **La preparación en desastres requiere de práctica**

Los japoneses se sienten orgullosos de estar muy bien preparados en caso de un terremoto. Durante el Día para la Prevención de Desastres, que se celebra todos los años en tierras niponas, muchas personas de todos los lugares del país participan en simulacros de preparación en desastres; se incluye tanto a los trabajadores de emergencias como al público en general.

Junichiro Koizumi, primer ministro de Japón.

*«Es extremadamente importante para todos nosotros prepararnos para tal ocasión [una amenaza natural]. No solo las instituciones públicas, sino que cada uno de nosotros debe pensar en la preparación para la prevención de desastres y manifestarla en nuestras vidas cotidianas. El Gobierno hará todo lo que esté en su poder para que Japón siga desarrollando su capacidad de ser un país que pueda enfrentar los desastres. Pero, al mismo tiempo, le pido a cada uno de ustedes que haga lo que esté a su alcance, mediante la predicción de los daños que podrían ocurrir y al contemplar los esfuerzos de rescate que se requerirán para que puedan estar preparados en caso se produzcan situaciones de emergencia».*

# CAPÍTULO V

## ORIENTACIONES PEDAGÓGICAS

### INTRODUCCIÓN

Después de que ocurre un desastre, son muchas las preguntas que nos hacemos respecto al suceso y sus consecuencias. Entre las más comunes se encuentran las siguientes: ¿por qué no estuvimos preparados?, ¿por qué sucedió de esta manera?, ¿se repetirá de nuevo esta experiencia? O es probable que también nos preguntemos: ¿qué pasaría si vuelve a ocurrir? Todos estos interrogantes sirvieron para tomar conciencia respecto al papel de los niños como forjadores del futuro de la nación y como partícipes de la realidad que vivimos (EIRD 2002).

La educación, por su influencia en la formación de las personas, permite que estas puedan prepararse para recibir, interpretar y reaccionar positivamente ante los desastres. Además, promueve la comprensión de la importancia de participar efectivamente en los planes y actividades de la comunidad, previas a la ocurrencia de un desastre, y no solo –como sucede en la mayoría de los casos– cuando el evento y sus consecuencias se han consumado; por

ello se producen los errores y el desorden a la hora de solucionar los problemas que se presentan.

Asimismo, la educación facilita la posibilidad de formar una persona capaz de enfrentar sus propias emergencias y de integrarse eficazmente en las estructuras locales de emergencia, para apoyar el desarrollo de los programas vinculados con las diversas etapas que componen el ciclo de los desastres.

El centro educativo es un medio que permite la sistematización de la enseñanza y el aprendizaje de los escolares. La edad de los niños y los jóvenes es propicia para asimilar, con mayor probabilidad de éxito, nuevas formas de percibir desastres y lograr la formación de actitudes y conductas más adecuadas para enfrentarlos. Esta función educativa está reconocida tanto por los organismos nacionales como por los internacionales, que orientan sus esfuerzos hacia la preparación y educación de las futuras generaciones de adultos (Foto V-1).



**Foto V-1.** Capacitación a escolares de la I. E. Francisco García Calderón de Chivay. Las capacitaciones sobre los desastres y la prevención son muy importantes para la toma de conciencia desde edades tempranas, lo cual garantiza una mejor gestión del riesgo en futuras generaciones. Foto: L. Macedo, INGEMMET).

Debe considerarse que el primer paso es dar a los niños, en un lenguaje apropiado, elementos teóricos y prácticos del tema, partiendo del conocimiento de las amenazas naturales en nuestro entorno y la manera como debemos enfrentarlas. Los niños, con su inmensa creatividad, tal como lo han demostrado, asumirán un papel proactivo en la comunidad, como gestores de una sociedad más segura y con una clara conciencia del manejo de los riesgos, como pilar fundamental del desarrollo.

El reto es grande: impartir educación en gestión del riesgo a la población infantil de primaria y secundaria, utilizando como instrumento de aplicación el material didáctico elaborado, el cual – sin lugar a dudas– permitirá el acercamiento entre el docente y el

estudiante, en un ambiente lúdico y recreativo, que facilitará el intercambio y la retroalimentación del conocimiento (EIRD 2002).

El INGEMMET, por medio de la Oficina de Vulcanología de Arequipa, viene dando charlas y talleres a diferentes instituciones como Defensa Civil, Sector Salud, Educación, Agricultura y las Fuerzas Armadas, así como a escolares de Moquegua (Foto V.2), Arequipa, Caylloma, entre otros, con la intención de difundir la información sobre los estudios realizados sobre los peligros geológicos incidiendo sobre el peligro volcánico. Ello ha dado como resultado la toma de conciencia de los capacitados y – como consecuencia– han aprendido a convivir con los riesgos de su zona y realizar trabajos de prevención.



**Foto V-2.** Capacitación a escolares de Moquegua sobre el peligro volcánico. Estos escolares viven cerca de volcanes activos como el Ubinas y Ticsani. (Foto: L. Macedo, INGEMMET).

Un proceso de aprendizaje sobre el riesgo de desastres en las instituciones educativas primarias y secundarias contribuye a que los niños desempeñen un papel importante cuando se trata de salvar vidas y proteger a los miembros de la comunidad en tiempos de desastres (Foto V-3). La integración de la *educación sobre el riesgo de desastres* a los planes nacionales de estudio en las escuelas contribuye a incrementar el grado de concientización sobre estos temas en comunidades enteras.

Además de su papel fundamental en la educación formal, los centros educativos también deben proteger a los niños en caso de que

surja una amenaza natural. La inversión en el fortalecimiento de las estructuras escolares antes de que se produzca un desastre reduce los costos a largo plazo, protege las generaciones de nuestros niños y garantiza la continuidad educativa después de ese desastre.

La integración de la *educación sobre el riesgo de desastres* en los planes nacionales de estudio y la construcción de instalaciones escolares más seguras son dos prioridades que contribuyen al progreso de los países hacia la consecución de los Objetivos de Desarrollo del Milenio (ODM).



**Foto V-3.** Feria de Ciencias Escolar, donde los estudiantes de Alto Selva Alegre, luego de las capacitaciones, crean alternativas de solución para el crecimiento poblacional hacia el volcán Misti, proponiendo que se construya un albergue como centro recreacional de ascenso al Misti y un bosque cactáreo en la zona limítrofe con la población actual para que deje de expandirse hacia el volcán. (Foto: H. Pareja, Municipalidad de Alto Selva Alegre).

## EL VOLCANISMO COMO UN FENÓMENO NATURAL

El profesor debe presentar la actividad volcánica como un fenómeno natural tan normal como cualquier otro de los que se producen en la naturaleza. El hombre comprende y acepta mucho mejor los fenómenos más frecuentes como la lluvia, la nieve o el viento que el volcanismo, con mayor intervalo temporal de ocurrencia. Como ejemplo podemos referirnos al periodo de vida de la mariposa o mosca, de unos pocos días en los que probablemente ni siquiera ve llover. En toda la vida de un hombre, es posible que este tampoco llegue a conocer ciertos fenómenos naturales que ocurren cada cientos o miles de años. Cada volcán tiene su propio ciclo eruptivo, no actúa cuando quiere sino que responde a una serie de pautas definidas con una evolución continuada.

Es necesario modificar el concepto –muy arraigado– de que un volcán es una catástrofe, y empezar a comprender y asimilar que los volcanes son una fuente de recursos que se renueva periódicamente mediante erupciones. Esto explica por qué la gente, desde hace miles de años, ha vivido en áreas volcánicas, dada la

riqueza que posee el entorno: buenos suelos para la agricultura, minería, fuentes termales, turismo, una gran fuente de trabajo y oportunidades especiales para los jóvenes en actividades como deportes de aventura, entre otros (Fotos V-4 y V-5). Sin embargo, en los momentos de actividad, debemos respetar el fenómeno y comprender que nuestra presencia supone un peligro para nuestra propia vida. Una vez finalizada la erupción podremos volver a disfrutar durante años de los beneficios que nos aporta.

Existe una diversidad de peligros geológicos como remoción en masa, deslizamientos, hundimientos, a los que la población está expuesta, que perdurarán por milenios, como los volcanes, las fallas geológicas, las áreas inundables, etc. Y parece difícil –a pesar de las acciones de los Gobiernos, y los organismos nacionales e internacionales– que disminuyan significativamente los niveles de vulnerabilidad a corto plazo. Por ello, se adecua la política de ordenamiento y uso del territorio combinado con un esfuerzo en educación. Esto permitirá disminuir el impacto que produce un desastre.



**Foto V-4.** El volcán Misti en Arequipa (Perú) es un gran atractivo turístico donde se practica el andinismo, entre otros deportes de aventura y que además ofrece gracias a los productos emitidos un suelo muy fértil. (Foto: J. Mariño, INGEMMET).



**Foto V-5.** Cráter del volcán Irazú, en Costa Rica, un atractivo turístico que da trabajo a muchas personas. (Foto: L. Macedo, INGEMMET).

## ORIENTACIONES PARA EDUCACIÓN PRIMARIA

La consecución de los objetivos propuestos puede lograrse a través de los trabajos de los distintos contenidos del círculo de la educación primaria, dentro de las materias *Personal Social, Ciencia, Tecnología y Ambiente, Educación Artística, Educación Física, Lenguaje, Matemática*, es decir, en todas las áreas es posible abordar los temas referentes al volcanismo y las medidas de autoprotección.

Se debe tener en cuenta, de modo especial, la edad de los alumnos (6 a 11 años) y la complejidad del tema a tratar. Para ello se aprovechará la información y las vivencias de los propios alumnos o de su entorno familiar, amigos o –incluso– de la televisión, alejándonos en la medida de lo posible del sensacionalismo.

Las clases deben ser en todo momento relajadas y tranquilas, evitando que el profesorado muestre temor o ansiedad al tratar el tema de los peligros y el riesgo volcánico. Deben utilizarse con moderación términos tales como *quemar, sepultar, explotar, arder*, típicamente empleados para explicar la actividad volcánica, ya que pueden asociarse a imágenes de televisión muy alejadas de la realidad del fenómeno, y que generan un gran impacto en los alumnos más pequeños.

Los objetivos propuestos sirven para toda la enseñanza, que se adaptará a los grupos de acuerdo a las edades de los alumnos, así como la propuesta de actividades a realizar. Los contenidos en la enseñanza primaria serán más elementales y concretos, dando prioridad al desarrollo de actitudes y valores (Foto V-6).



Foto V-6. Escolares del nivel primario de la I. E. Diego Thomson de Alto Selva Alegre, mostrando las maquetas elaboradas en el curso de Ciencia y Ambiente.

## ORIENTACIONES PARA EDUCACIÓN SECUNDARIA

Al igual que en la enseñanza primaria, la consecución de los objetivos propuestos se puede lograr a través del trabajo de los distintos contenidos de la currícula de Educación Secundaria. En las áreas *Ciencia, Tecnología y Ambiente, Biología, Física, Química, Geografía, Historia, Educación Artística, Educación Física, Lenguaje, Matemática y Segundo Idioma* se pueden

abordar los temas referentes al volcanismo y las medidas de autoprotección.

Estos alumnos, con edades comprendidas entre 12 y 17 años, se pueden tratar el tema del volcanismo y los riesgos asociados de forma más amplia, profundizando especialmente los peligros volcánicos y las medidas de protección ante ellos. Se aprovecharán también las noticias sobre los desastres y las vivencias de familiares y amigos, adoptando las mismas pautas de relajación así lo llaman

los psicólogos y tranquilidad indicados para impartir las clases en los niveles de enseñanza primaria. No obstante, a pesar de la mayor edad de estos alumnos, debemos seguir teniendo en cuenta que el tratamiento de la información de desastres producidos por erupciones volcánicas, ha sido manipulado por la televisión y el cine, los cuales aportan mayor dramatismo al presentar imágenes alejadas de la realidad, que desvirtúan las situaciones de riesgo.

Los contenidos serán tratados con mayor o menor profundidad, dependiendo del nivel al que se dirijan; y las actividades propuestas tendrán un mayor grado de complejidad y requerirán más conocimientos. Se aplicarán otras técnicas instrumentales y se procurará una participación más directa de los alumnos en la búsqueda de información, elaboración del tema y propuestas que promuevan una mayor implicación personal.



**Foto V-7.** Estudiantes del nivel secundario de la I. E. Diego Thomson de Arequipa, plasmando por medio del arte lo aprendido sobre los peligros volcánicos. (Foto: L. Macedo, INGEMMET).

### Objetivos Pedagógicos

Para tomar en cuenta:

1. Conocer su territorio y asimilar sus peculiaridades físicas y su influencia en el desarrollo cultural y económico de la región.
  - Proporciona a los alumnos las herramientas necesarias, a través de la investigación, para llegar al conocimiento de la actividad volcánica de su territorio y los procesos naturales que se dan en él.
  - Diferenciar los procesos volcánicos.
  - Analizar los peligros volcánicos y su impacto en la sociedad.
  - Desarrollar criterios de protección y conservación de los medios naturales volcánicos en todos sus aspectos (paisajístico, biológico y geológico).
2. Adquirir normas y conductas dirigidas a tener una actuación correcta en casos de eventos volcánicos.

- Desarrollar las medidas de autoprotección ante los fenómenos volcánicos.
- Establecer los mecanismos de respuesta solidaria con la comunidad.

### METODOLOGÍA

El tema de riesgo volcánico, se ha desarrollado recientemente como consecuencia del esfuerzo científico, dirigido a la mitigación de los desastres producidos por erupciones volcánicas, tras el desastre de la erupción del Nevado de Ruiz en 1985. Los primeros capítulos de esta guía recogen los últimos avances en esta área de conocimiento, por lo que es conveniente que sean leídos detenidamente por el profesor.

La educación se concibe como un medio que asegura el desarrollo total del individuo, por lo tanto, el profesor deberá lograr a través de las actividades que realice en clase que los estudiantes no solamente adquieran conocimientos y desarrollen habilidades, sino

que también tengan actitudes de solidaridad y cooperación ante las situaciones de desastre que se le presenten a lo largo de su vida, contribuyendo así a mejorar la gestión y uso del territorio.

Como norma general, el estudio del medio natural debe realizarse desde lo más próximo hasta lo más lejano. Los medios audiovisuales facilitan, en la actualidad, el conocimiento de territorios alejados que pueden resultar más atractivos para el escolar que su entorno inmediato, pero también se planteará a los alumnos problemas de su propio interés y de su realidad, para que a partir de la información que adquieran, puedan diseñar opciones de solución a problemas concretos, utilizando mecanismos e instrumentos más adecuados.

El aprendizaje sobre los peligros volcánicos no debe ser estricto y tampoco debe causar un impacto negativo en los jóvenes, más bien debe enseñárseles a convivir con el riesgo y que ellos mismos aprendan, desde pequeños, a dar alternativas de solución para la prevención de desastres. Una alternativa son los concursos de dibujo o elaboración de maquetas; también se los puede incentivar a difundir los conocimientos adquiridos con sus familias, compañeros más pequeños o, como lo hicieron los estudiantes de la I. E. Diego Thomson, participar en desfiles alegóricos disfrazados de volcanes, distribuyendo trípticos con información sobre el Misti (Fotos V-8 y V-9).



Foto V-8. Concurso de dibujo en la I. E. Nuestra Señora del Pilar. Los volcanes no deben ser tratados como temas de miedo, sino como temas de conocimiento y de aprendizaje a vivir con nuestro entorno. (Foto: L. Macedo, INGEMMET).



Foto V-9. Escolares de la I. E. Diego Thomson, en pleno desfile alegórico, donde distribuyeron a la población material educativo sobre el volcán Misti. (Foto: L. Macedo, INGEMMET).



Foto V-10. Escolares de la I. E. Wolfgang Amadeus Mozart, en pleno concurso de dibujo. (Foto: L. Macedo, INGEMMET).



Foto V-11. Escolares de la I. E. María Auxiliadora, mostrando su maqueta en la Feria de Ciencias en Chivay. (Foto L. Macedo, INGEMMET).

# CAPÍTULO VI

## APOYO PSICOLÓGICO EN CRISIS VOLCÁNICAS

### INTRODUCCIÓN

Ante la ocurrencia de desastres de origen natural, lógicamente se trata, en primer lugar, la recuperación física de las personas, pero se olvida una parte fundamental que le puede ayudar a tener una recuperación total: el tratamiento psicológico de las personas post evento. Este tratamiento es tan importante como el tratamiento físico. Si las personas no se recuperan emocionalmente, es muy difícil que pueda volver a hacer una vida normal por el resto de sus vidas, incluso, que pueda volver a tener ganas de vivir y hacer planes a futuro.

Por esta falta de recuperación emocional o post desastre (Foto VI-1), se aprecian pueblos enteros, años después de haber sufrido un desastre, donde la pobreza se agudiza, no hay reconstrucción

ni por parte de las autoridades ni mucho menos por sus propios habitantes. Aparecen muchas enfermedades y las personas parecen casi voluntariamente por encontrarse en un *shock* emocional muy fuerte.

En las emergencias volcánicas, un buen principio es prepararse para el peor escenario, y recordar que no solo se trata de atender lesionados físicos y salvar vidas, sino también de disminuir el sufrimiento de las personas.

Cuando una persona sufre un acontecimiento traumático, que ocurre de forma repentina y representa un peligro real para su vida o la de los demás, manifiesta una serie de reacciones psicológicas, tales como temor, miedo, ansiedad, etc. Estos síntomas varían en función de factores sociales, individuales y de la propia magnitud del evento.

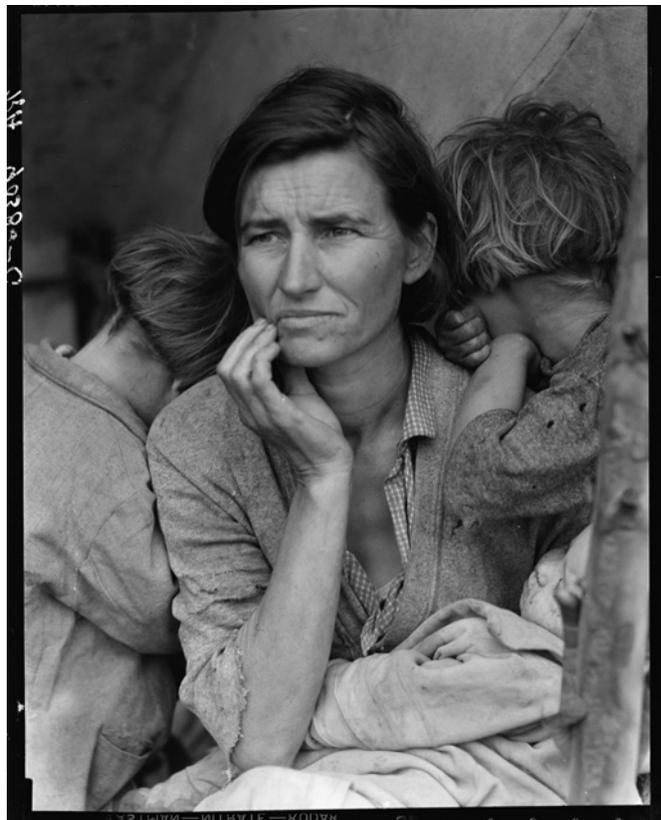


Foto VI-1. La depresión post desastre puede ser permanente si no es tratada a tiempo. (Foto: G. Herrero).

En el caso del riesgo volcánico, a diferencia del riesgo sísmico, el impacto no es inmediato y el problema no radica en la erupción del volcán, sino en el desarrollo de la crisis volcánica que puede prolongarse durante años, en los que se repiten las evacuaciones preventivas y las zonas de exclusión se mantienen indefinidamente sin que la población vislumbre el final de la crisis. La actividad va aumentando paulatinamente, y cada vez son más los signos percibidos por la población como temblores, ruidos, olores, etc. Por lo general, las autoridades locales, debido al turismo u otros intereses económicos, tratan de ocultarle la verdad o dan consignas demasiado tranquilizadoras, como decir que está todo solucionado, lo que da lugar a la circulación de los rumores.

Las condiciones sanitarias y sociales en los albergues no siempre son las adecuadas y la población tiende a retornar a sus hogares antes de tiempo, la presión que ejerce la población sobre las autoridades es grande, el apoyo económico no siempre es suficiente, considerando que estas crisis pueden durar incluso años. Para el caso del volcán Ubinas (Foto VI-2), la población permaneció más de un año en el albergue, el apoyo económico empezó a escasear y la población retornó a sus hogares voluntariamente; afortunadamente, el volcán se calmó y no sucedió una desgracia que lamentar.



**Foto VI-2.** Albergue de Chacchagen que albergó a los pobladores de Ubinas por más de un año. No siempre las carpas son las más adecuadas para este tipo de clima frío, pues puede traer enfermedades como consecuencia. (Foto: J. Mariño, INGEMMET).

La falta de educación en estos temas hace que la situación se torne muy peligrosa, ya que la población carece de mecanismos de respuesta ante el fenómeno que se le avecina. Es muy frecuente que una población tenga que ser evacuada en repetidas ocasiones, ya que no es posible tener la certeza del evento y de su magnitud. Cada vez que se espera un posible impacto que pueda resultar catastrófico, se debe proceder a la evacuación preventiva. Y la población debe aprender a convivir con estas circunstancias. Esta situación puede generar una serie de reacciones psicológicas que pueden incrementarse si la gestión de la crisis no es la adecuada y si la población se considera abandonada por las autoridades.

Es natural que tanto los jóvenes como los adultos sientan cierto temor ante un fenómeno natural desconocido de larga duración, el cual no es posible controlar. Los niños, especialmente los de menor edad, pueden manifestar ciertas reacciones psicológicas que se pueden agravar en algún momento si piensan que pueden ser dañados (lo que más les impacta es la percepción de fuego y la posibilidad de ser quemados) por el volcán o separarse de su familia (Foto VI-3). Por ello, la reacción de los padres y profesores ante la situación de emergencia es fundamental para transmitir tranquilidad y seguridad; se debe trabajar en el aula el desarrollo de la capacidad de comunicación, la transmisión de las emociones y sentimientos, y favorecer el control cognitivo de la situación de riesgo.



Foto VI-3. Niños recibiendo apoyo psicológico para lidiar con el estrés de la actividad volcánica del Ubinas. (Foto: J. Mariño, INGEMMET).

## REACCIONES ANTE UN DESASTRE

Las personas reaccionan ante los desastres de formas diferentes, con manifestaciones de temor, miedo ansiedad, etc., según la influencia de los factores ambientales, individuales y sociales.

### Factores ambientales

Dependerán de las características del fenómeno volcánico, su duración, su intensidad, el grado de destrucción y el número de víctimas si las hay.

### Factores individuales

La personalidad de un individuo juega un papel determinante en la forma de afrontar y evaluar una forma de desastre de origen natural. En el caso concreto de jóvenes o niños, con una personalidad no desarrollada, estos no se sentirán capaces de asumir solos este acontecimiento, por eso es fundamental la actitud que manifiesten los adultos.

### Factores sociales

El apoyo familiar y social reforzará la sensación de pertenencia a un colectivo que actúa protegiendo al individuo.

## FASES PSICOLÓGICAS

### Fase del *shock*

Durante esta fase, las reacciones emocionales suelen ser las siguientes: llanto, incredulidad, odio y negación. Se caracterizan por una limitada capacidad de pensamiento y acción (Foto VI.5). Esto es más frecuente en personas mayores o ancianos, por la misma edad, ellos piensan que ya no podrán recuperarse.

Hay un alto nivel de ansiedad, con reacciones fisiológicas (taquicardia, mareos, sudoración, tensión muscular, etc.) y reacciones motoras extremas de hiperactividad o hipoactividad. Se debe recordar que requiere más atención la respuesta hipoactiva que la hiperactiva, aunque esta última sea más llamativa.

### Fase de reacción

Aparecen reacciones emocionales muy fuertes, generalmente de enfado y odio, y en algunos casos, cuando hay víctimas mortales, se asocian al sentimiento de culpa (se cree que se produjo un descuido en el momento de la catástrofe).

Las reacciones más frecuentes consisten en evitar los lugares o hechos relacionados con el desastre, alteraciones del sueño y la alimentación. Aparece una pérdida de confianza en sí mismo, y una disminución del sistema de creencias y valores.



**Foto VI-4.** Ante la incertidumbre durante una crisis volcánica, se crea mucho estrés en niños y jóvenes. Imagen de jóvenes en la crisis del volcán Ubinas con clara muestra de preocupación. (Foto: J. Mariño, INGEMMET).



**Foto VI-5.** La ansiedad y preocupación por adultos mayores es significativa y puede desencadenar problemas más severos. (Foto: G. Herrero)

La mayoría de las personas resuelve esta situación de desastre paulatinamente, restableciendo su equilibrio y superando la situación con nuevas estrategias de afrontamiento. Sin embargo, en otros individuos estas reacciones se agudizan, e interfieren con su vida social, laboral y familiar, lo cual genera trastornos psicopatológicos.

Debe tenerse en cuenta que es imprescindible reducir la indefensión de los afectos para que puedan volver a la creencia de que los hechos son ordenados, y que uno mismo tiene cierta capacidad de acción en las situaciones que ocurren. Para ello es

esencial volver a la rutina diaria lo más rápido posible valorando la capacidad de reacción para afrontar la situación. Una buena práctica es la organización de las ollas comunes, lo cual ayuda a la integración de los damnificados y proporciona la comunicación entre ellos, reduciendo el estrés emocional (Foto VI-6).

Al mismo tiempo, debe proporcionar la información correcta sobre el fenómeno que acontece para que el niño o joven pueda entenderlo y asuma las medidas de autoprotección como requisito imprescindible para su vida. Ello se logra conversando libremente de sus experiencias y situaciones.



Foto VI-6. Olla común organizada en el albergue de Chacchagen durante la crisis volcánica del Ubinas. (Foto: J. Mariño, INGEMMET).

## RECOMENDACIONES PARA LA RECUPERACIÓN EMOCIONAL A LA POBLACIÓN EN GENERAL

El evento ha sido de tal magnitud que ha generado:

- Pérdidas humanas y materiales.
- Graves daños de infraestructura (caminos, hospitales, comunicaciones, abastecimiento, etc.).
- Desorganización individual y social.
- Interrupción de proyectos de vida.

## Algunas recomendaciones para favorecer el retorno al funcionamiento cotidiano y la recuperación emocional

### a) Vuelta al hogar

- Planificar actividades que agraden a cada integrante de la familia y que sean posibles de realizar en el hogar.
- Intentar establecer contacto con los vecinos.
- Procurar estar abierto a escuchar y compartir la experiencia de otras personas.

- Asegurarse de que los miembros de la familia sepan que están cuidados y conozcan las nuevas medidas de seguridad.
- En caso de que no estén dadas las condiciones para que toda la familia permanezca reunida, procurar establecer algún modo de comunicación regular entre todos los miembros.
- Efectuar una reflexión con el núcleo familiar/social inmediato respecto de lo sucedido: revisar todo lo que se hizo o no se hizo, con la finalidad de aprender de la situación, implementando medidas a futuro.

#### **b) Manifestaciones emocionales**

- Es importante conocer algunas manifestaciones emocionales que pueden aparecer como forma de afrontar lo ocurrido:
  - Problemas de concentración
  - Temores
  - Dificultades para dormir
  - Alteraciones frente a ruidos
  - Irritabilidad
  - Desgano y desinterés
  - Ansiedad
  - Inseguridad
  - Tristeza
  - Llanto sin motivo aparente
  - Reaparición de lo ocurrido en imágenes, ideas, recuerdos y sueños
  - Aislamiento
  - Indiferencia
- **Si observas estas u otras reacciones en alguno de los miembros de la familia...**
  - Detectar manifestaciones que por su intensidad o forma resulten llamativas o provoquen preocupación.
  - Evitar y desalentar conductas de encierro o aislamiento, descontrol impulsivo.

- Tomar en cuenta que cada persona tiene su manera particular de afrontar la situación, por lo tanto pueden presentar algunas de estas manifestaciones o ninguna de ellas.
- Favorecer la expresión verbal de las emociones.
- Estimular el desarrollo de actividades productivas.
- Por ningún motivo hacer uso de medicamentos no aconsejados por especialistas.

#### **c) Recomendaciones con niños**

- Fomentar el reinicio de las rutinas familiares.
- Estimular la aceptación de la realidad a través del reconocimiento de las nuevas condiciones del entorno.
- Respetar el tiempo y la forma que cada niño necesita para expresar lo ocurrido
- Afianzar su seguridad con acciones que incluyan la palabra y el contacto corporal.
- Considerar los recursos propios de cada niño (según edad, personalidad y gustos).
- Facilitar la expresión escrita de sus vivencias, mediante relatos y dibujos.
- Favorecer el contacto con otros niños.
- Asignarles tareas de recuperación de sus espacios (en la casa y en el barrio).

#### **d) Recomendaciones con adolescentes**

- Estimular el desarrollo de conductas constructivas que fortalezcan los vínculos.
- Estimular participación en las tareas de recuperación
- Promover la reflexión grupal e individual acerca de conductas de riesgo o desprotección para sí y para otros.
- Desalentar la conducta irreflexiva, ya que conduce a la violencia.
- Promover liderazgos positivos
- Asignarles tareas que impliquen un compromiso grupal e individual (asistir a los más pequeños y desprotegidos, por ejemplo).



Foto VI-7. El impacto producido en las mentes de los niños es fuerte; es necesaria la participación de ayuda psicológica. (Foto: J. Mariño, INGEMMET).



Foto VI-8. Participación de los jóvenes en las tareas de recuperación de la población durante la erupción del volcán Ubinas. (Foto: J. Mariño, INGEMMET).



## BIBLIOGRAFÍA

- Astiz, M. & García, A., eds. (2000) - *Curso Internacional de volcanología y geofísica volcánica*. Lanzarote: Cabildo Insular de Lanzarote, 458 p. Serie Casa de los Volcanes, 7.
- Chiapas. Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana (2009) - *Plan Operativo de Protección Civil Volcán Chichón* (en línea). Tuxtla Gutiérrez, Chiapas: Secretaría de Seguridad y Protección Ciudadana, 102 p. También disponible en: <<http://www.proteccioncivil.chiapas.gob.mx/nSite/Documentos/Chichon.pdf>>
- Cruz, Fray M. (2005) - El ordenamiento territorial instrumento de integración, competencia y desarrollo. *Investigaciones Sociales [UNMSM / IIHS]* (en línea), 9(14): 385-393. (consulta: 6 julio 2009). Disponible en: <[http://atlasflacma.weebly.com/uploads/5/0/5/0/5050016/el\\_ordenamiento\\_territorial\\_instrumento\\_de\\_integracion\\_competencia\\_y\\_desarrollo.pdf](http://atlasflacma.weebly.com/uploads/5/0/5/0/5050016/el_ordenamiento_territorial_instrumento_de_integracion_competencia_y_desarrollo.pdf)>
- De Silva, S.L., Francis, P.W. (1991) - *Volcanoes of the Central Andes*. Berlin: Springer-Verlag, 216 p.
- Felpeto, A. (2000) - *Modelos de procesos eruptivos. Aplicación a mapas de peligrosidad volcánica*. En: Astiz, M. & García, A., eds. *Curso Internacional de volcanología y geofísica volcánica*. Lanzarote: Cabildo Insular de Lanzarote, Serie Casa de los Volcanes, 7, p. 387-399.
- Fidel, L.; Morche, W. & Núñez, S. (1997) - Inventario de volcanes del Perú. *INGEMMET, Boletín, Serie C: Geodinámica e Ingeniería Geológica*, 15, 90 p.
- Giggenbach, W.F.; García N.; Londoño, A.; Rodríguez, L.; Rojas, N. & Calvache, M. (1990) - The chemistry of fumarolic vapor and thermal spring discharges from the Nevado del Ruiz volcanic-magmatic-hydrothermal system, Colombia. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, 42(1-2): 13-39.
- Instituto Nacional de Defensa Civil. Dirección Nacional de Prevención (2006) - *Manual básico para la estimación del riesgo*. Lima: INDECI, 73 p.
- Llinares, M.; Ortiz, R. & Marrero, M. (2004) - *Riesgo volcánico: guía didáctica para profesores*. Madrid: Dirección General de Protección Civil y Emergencias, 103 p.
- Macedo, L.; Mariño, J.; Fidel, L.; Quispe, R.; Luna, R., et al. (2007) - Proceso de difusión, educación, sensibilización y acción frente a los peligros volcánicos del Misti en Alto Selva Alegre, Arequipa - Perú, informe inédito. Lima: INGEMMET, 60 p. (disponible en DGAR, INGEMMET)
- Macedo, L.; Mariño, J.; Amache, R.; Muñoz, F. & Arguedas, A. (2008) - Mitigación de riesgos volcánicos en el distrito de Alto Selva Alegre, Arequipa. *EIRD Informa Revista para las Américas* (en línea), 15. (consulta: 5 marzo 2011). Disponible en: <[http://www.eird.org/esp/revista/No\\_15\\_2008/art19.html](http://www.eird.org/esp/revista/No_15_2008/art19.html)>
- Macedo, L. (2009) – Aportes del INGEMMET en el 1er simulacro de evacuación por erupción volcánica en Arequipa: «Las geociencias y su responsabilidad social» (en línea). Lima: INGEMMET, 42 p. (consulta: julio 2009). Disponible en: <[http://www.ingemmet.gob.pe/Documentos/Volcanes/INFORME\\_SIMULACRO\\_2009.pdf](http://www.ingemmet.gob.pe/Documentos/Volcanes/INFORME_SIMULACRO_2009.pdf)>
- Macedo, L.; Amache, R.; Vásquez, J.; Alfaro, M. & Muñoz, F. (2009) - Reduciendo el peligro volcánico del Misti en la ciudad de Arequipa, Perú. En: Reunión Internacional Volcán de Colima, México, Colima, 2009. *Resúmenes*. Colima: Universidad de Colima, Centro Universitario de Estudios e Investigaciones de Vulcanología (Observatorio Vulcanológico), 5 p.
- Marín, R. & Tafur, E. (2008) – *Conociendo mi mundo me adapto al cambio climático; cuaderno de trabajo para alumnos del nivel primario*. Arequipa: Deutsche Gesellschaft für Technische Zusammenarbeit, Programa Desarrollo Rural Sostenible, GTZ-PDRS, 66 p. Proyecto Gestión de Riesgos de Desastres Naturales con Enfoque a Seguridad Alimentaria PGRD-COPASA.
- Mariño, J.; Rivera, M.; Macedo L.; Cacya, L.; Arguedas, A., et al. (2007) - Los peligros volcánicos del Misti y breve

- evaluación de riesgos en el distrito de Alto Selva Alegre, Arequipa, informe inédito. Lima: INGEMMET, 27 p. (Disponible en DGAR, INGEMMET).
- Mariño, J.; Macedo, L.; Rivera, M. & Cacya, L. (2008) - La ciudad de Arequipa y los peligros volcánicos asociados al volcán Misti, Perú. En: Proyecto Multinacional Andino: Geociencias para las Comunidades Andinas. *Experiencias andinas en mitigación de riesgos geológicos*. Santiago: Servicio Nacional de Geología y Minería, Publicación Geológica Multinacional, 6, p. 71-75.
- Mariño, J.; Macedo, L.; Rivera, M.; Antayhua, Y.; Ramos, D., et al. (2009) – *Earth sciences in the management of volcanic risk in Arequipa, Peru*. Arequipa: INGEMMET, 4 p. Año Internacional del Planeta Tierra. También disponible en: <<http://www.calameo.com/books/00082012900cc8b24a8e2>>
- Mariño, J.; Rivera, M.; Macedo, L.; Masías, P.; Antayhua, Y., et al. (en prensa) – *Crisis eruptiva del volcán Ubinas, periodo 2006-2008*. Lima: Centro Regional de Sismología Para América del Sur, 22 p.
- Medina, J. & Frisancho, R. (2006) – *Guía metodológica para incorporar la gestión de riesgos en instituciones educativas*. Lima: Centro de Estudios y Prevención de desastres, 142 p. También disponible en: <[http://www.predes.org.pe/predes/basedatos/ayudatematica\\_pdf/guiaedu\\_2006.pdf](http://www.predes.org.pe/predes/basedatos/ayudatematica_pdf/guiaedu_2006.pdf)>
- Organización Panamericana de la Salud (2005) - *Guía de preparativos de salud frente a erupciones volcánicas*, modulo 5: La comunicación frente a las erupciones volcánicas. Quito: Organización Panamericana de la Salud, Departamento de Ayuda Humanitaria de la Unión Europea, 90 p. También disponible en: <<http://www.crid.or.cr/digitalizacion/pdf/spa/doc16000/doc16000.htm>>
- Proyecto Esfera (2004) - *Carta humanitaria y normas mínimas de respuesta humanitaria en casos de desastre* (en línea). Barcelona: Intermón Oxfam, 403 p. También disponible en: <<http://www.who.int/hac/techguidance/esfera.pdf>>
- Salazar, L.; Cortez, L. & Mariscal, J. (2002) - *Manual: Gestión Comunitaria de Riesgos*. Lima: Foro Ciudades para la Vida, 136 p. También disponible en: <[http://www.proventionconsortium.org/themes/default/pdfs/CRA/Foro\\_Habitat\\_meth.pdf](http://www.proventionconsortium.org/themes/default/pdfs/CRA/Foro_Habitat_meth.pdf)>
- Sébrier, M. & Soler, P. (1991) - Tectonics and magmatism in the Peruvian Andes from late Oligocene time to the Present. En: Harmon, R.S. & Rapela, C.W., eds. *Andean magmatism and its tectonic setting*. Boulder, CO: Geological Society of America, Special Paper 265, p. 259-278.
- Suni, J. (1999) - *Estudio geológico y vulcanológico del volcán Misti y sus alrededores*. Tesis Ing. Geólogo, Universidad Nacional San Agustín, Arequipa, 179 p.
- Tarback, E.J. & Lutgens, F.K. (1999) - *Ciencias de la Tierra: una introducción a la geología física*. 6a. ed. Madrid: Prentice-Hall, 595 p.
- Thouret, J.-C.; Janda, R.J.; Pierson, T.C.; Calvache, M. & Cendrero, A. (1987) – L'éruption du 13 novembre 1985 au Nevado El Ruiz (Cordillère Centrale, Colombie): interactions entre le dynamisme éruptif, la fusion glaciaire et la genèse d'écoulements volcano-glaciaires. *Comptes Rendus de L'Académie des Sciences, Série II: Mécanique, Physique, Chimie, Sciences de l'Univers, Sciences de la Terre*, 305(6): 505–509.
- Thouret, J.-C.; Gourgaud, A.; Vatin-Perignon, N. & Calvache M. (1989) - *The eruption of Nevado del Ruiz on the 13th of November 1985*. Van der Hammen, T.; Díaz, S. & Alvarez, V., eds. La Cordillera Central Colombiana Transecto Parque los Nevados (segunda parte). Stuttgart: E. Schweizerbart, Studies on Tropical Andean Ecosystems, 3, p. 217-256.
- Thouret, J.-C. (1996) - El Misti estratovolcano, south Peru: eruptive history and implications for hazard assessment. En: Seminario Latino-americano Volcanes, Sismos y Prevención, 2, Arequipa-Lima, 1996. *Resúmenes*. Lima: [s.e.], p. 45–50.
- Thouret, J.-C.; Finizola, A.; Fornari, M.; Legeley-Padovani, A.; Suni J. & Frechen, M. (2001) - Geology of El Misti volcano near the city of Arequipa, Peru. *Geological Society of America Bulletin*, 113 (12): 1593-1610.
- Tilling, R.I., ed. (1993) - *Apuntes para un curso breve sobre los peligros volcánicos*, Santa Fé, Nuevo México, 2-3 julio 1989. [s.l.]: Organización Mundial de Observatorios Vulcanológicos, 125 p.
- Unión Interparlamentaria & Estrategia Internacional de las Naciones Unidas para la Reducción de Desastres (2010) – *Reducción del riesgo de desastres: un instrumento para alcanzar los objetivos de desarrollo del milenio. Kit de cabildeo para parlamentarios* (en línea). Ginebra: UIP y UNISDR, 53 p. También disponible en: <<http://www.ipu.org/PDF/publications/drr-s.pdf>>

## GLOSARIO

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

**ERUPCIÓN EXPLOSIVA.** Se produce cuando el magma que asciende a la superficie acumula más presión de la que puede liberar. Las burbujas en su interior crecen, el magma se fragmenta y los productos volcánicos son expulsados violentamente. Estas erupciones son frecuentes en volcanes con alto contenido de gases,

o cuando se produce una interacción del magma con agua meteórica.

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

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

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

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

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

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

**EVALUACIÓN DEL RIESGO.** Conjunto de acciones y procedimientos para levantar la información sobre los peligros o amenazas, el análisis de las condiciones de vulnerabilidad y el

cálculo del riesgo, con la finalidad de recomendar las medidas de prevención.

**FUMAROLA.** Emanación de gases y vapor de agua, generalmente a altas temperaturas, que sale de fracturas o grietas de la superficie de un volcán. La mayor parte de los gases emitidos son vapor de agua; sin embargo, se encuentran otros gases como CO<sub>2</sub>, CO, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub>, HCl, etc.

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

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

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

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

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

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

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

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

**MAGMA.** Roca fundida, en estado líquido o parcialmente líquido en el interior de la Tierra. Los magmas generalmente se forman a profundidades mayores a los 60 km, tienen temperaturas entre 500 y 1200 °C y tienen componentes en estado sólido, líquido y

gaseoso. Cuando el magma llega a la superficie y se solidifica, da origen a las *rocas volcánicas*. Los magmas pueden también enfriarse y solidificarse en el interior de la Tierra, dando origen a las *rocas plutónicas*.

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

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

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

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

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

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

**MONITOREO VOLCÁNICO.** Implementación de técnicas geofísicas, geoquímicas y geodésicas, de forma continua y permanente, que tienen como objetivo detectar oportunamente condiciones anómalas precursoras de un proceso eruptivo, a partir del cual se pueden emitir las alertas tempranas correspondientes, lo que permitirá a la sociedad implementar con antelación planes de evacuación y reducir el impacto negativo de una erupción.

**PELIGRO O AMENAZA VOLCÁNICA.** Se define como la probabilidad de que alguna manifestación volcánica específica pueda presentarse en un área o región particular del entorno del volcán, en un intervalo de tiempo dado y que puede causar destrucción o daño.

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

**PELIGRO POR FLUJOS DE BARRO O LAHARES.** Los flujos de barro son mezclas de partículas volcánicas de tamaños diversos movilizadas por el agua, que fluyen rápidamente (20-60 km/h). Se generan en periodos de erupción o de tranquilidad volcánica. El agua puede provenir de fuertes lluvias, fusión de hielo o nieve. Estos flujos viajan a lo largo de quebradas o ríos y eventualmente pueden salir de estos cauces. El área afectada depende del volumen de agua y de materiales sueltos disponibles, así como de la pendiente y topografía. Normalmente destruyen todo a su paso y pueden alcanzar grandes distancias, incluso mayores a 200 km.

**PELIGRO POR FLUJOS DE LAVA.** Los flujos de lava son corrientes de roca fundida, que son expulsadas por el cráter o fracturas en los flancos del volcán. Pueden fluir por el fondo de los valles y alcanzar varios kilómetros, pero en los volcanes peruanos normalmente se enfrían en la zona del cráter (domos) o recorren escasos kilómetros. Los flujos de lava destruyen todo a su paso, sin embargo, no representan un peligro alto para las personas debido a su baja velocidad.

**PELIGRO POR FLUJOS PIROCLÁSTICOS.** Los flujos piroclásticos son masas calientes (300°C a 800°C), conformadas por una mezcla de ceniza, fragmentos de roca y gases. Estos flujos descienden por los flancos del volcán a ras de la superficie y a grandes velocidades, entre 200 y 300 m/s. Poseen normalmente una parte inferior densa, que se encauza y desliza por el fondo de las quebradas o valles y otra superior, menos densa, denominada oleada piroclástica, compuesta por una nube turbulenta de gases y ceniza que con facilidad salen del valle, sobrepasan relieves importantes y afectan una mayor área. Estos flujos y oleadas destruyen y calcinan todo lo que encuentran a su paso.

**PELIGRO POR GASES VOLCÁNICOS.** Durante las erupciones volcánicas se produce una importante liberación de gases, principalmente vapor de agua; pero también dióxido de carbono,

dióxido de azufre, ácido clorhídrico, monóxido de carbono, ácido fluorhídrico, azufre, nitrógeno, cloro y flúor. Estos gases se diluyen y dispersan rápidamente, sin embargo, pueden alcanzar concentraciones altas en las zonas bajas o depresiones muy cercanas al volcán, donde pueden generar intoxicación y muerte de personas y animales. Los gases también pueden condensarse y adherirse a partículas de ceniza, así como reaccionar con las gotas de agua y provocar lluvias ácidas que generan corrosión, daños en los cultivos, así como contaminación de aguas y suelos.

**PELIGRO POR LLUVIAS DE CENIZA Y PIEDRA PÓMEZ.** Las lluvias de ceniza y piedra pómez se generan cuando los fragmentos de roca son expulsados hacia la atmósfera violentamente, formando una columna eruptiva alta y que posteriormente caen sobre la superficie terrestre. Los fragmentos más grandes y densos caen cerca del volcán, mientras que las partículas de menor tamaño son llevadas por el viento a grandes distancias, luego caen y forman una capa de varios milímetros y centímetros de espesor. Estas partículas pueden causar problemas de salud en las personas, contaminar fuentes de agua, causar el colapso de los techos por el peso acumulado, afectar cultivos, interrumpir el tráfico aéreo, entre otros.

**PIEDRA PÓMEZ.** Roca volcánica de color claro, llena de cavidades que la hacen muy poco densa. Generalmente tiene una composición dacítica a riolítica. Las cavidades se forman por la expansión de los gases volcánicos durante la salida hacia la superficie.

**PIROCLASTOS.** Fragmentos de roca volcánica fracturada emitidos durante una erupción explosiva. Incluyen piedra pómez, ceniza, escoria y otros fragmentos de roca.

**PLAN DE CONTINGENCIA.** Son los procedimientos específicos preestablecidos de coordinación, alerta, movilización y respuesta ante la ocurrencia o inminencia de un evento particular para el cual se tienen escenarios definidos.

**PREVENCIÓN.** Conjunto de actividades y medidas diseñadas para proporcionar protección permanente contra los efectos de un desastre.

**RIESGO.** La combinación de la probabilidad de que se produzca un evento peligroso y sus consecuencias negativas. Se evalúa en función del peligro y la vulnerabilidad.

**SISMÓGRAFO.** Instrumento que sirve para registrar el movimiento del suelo producido por un sismo. El registro obtenido se denomina *sismograma*.

**SISMOS ASOCIADOS A EXPLOSIONES.** En ellos se distingue una entrada de la onda primaria y una amplitud máxima asociada a la onda sonora.

**SISMOS HÍBRIDOS.** Son una combinación entre un LP y un VT.

**SISMOS LARGO PERIODO (LP).** Llamados también de **baja frecuencia**, originados a poca profundidad, mayormente menores a 1 km. Se encuentran asociados a procesos de desgasificación del magma.

**SISMOS VOLCANOTECTÓNICOS (VT).** Poseen características similares a los de origen tectónico. Tienen frecuencias altas, se pueden diferenciar las fases de la onda primaria (P) y la secundaria (S). Son sismos asociados a rompimiento de rocas o apertura de grietas.

**SISMOS VOLCÁNICOS.** Sacudidas de la superficie terrestre originadas por el paso de los fluidos dentro del edificio volcánico.

**SISTEMA DE ALERTA TEMPRANA.** Conjunto de capacidades necesarias para generar y difundir información de alerta que sea oportuna y significativa, con el fin de permitir que las personas, las comunidades y las organizaciones amenazadas por un peligro se preparen y respondan de forma apropiada y con suficiente tiempo de anticipación para reducir la posibilidad de que se produzcan pérdidas o daños.

**SISTEMA NACIONAL DE DEFENSA CIVIL (SINADECI).** Conjunto interrelacionado de organismos del sector público y no público, normas, recursos y doctrinas, orientados a la protección de la población en caso de desastres de cualquier índole u origen. Actúa en concordancia con la Política y Planes de la Defensa Nacional.

**SISTEMA REGIONAL DE DEFENSA CIVIL DE MOQUEGUA (SRDC-Moquegua).** Conjunto interrelacionado de organismos del sector público y no público, normas, recursos y doctrinas de la región Moquegua, orientados a la protección de la población en caso de desastres de cualquier índole u origen.

**TEFRA.** Término general que comprende cualquier material sólido emitido durante una erupción volcánica explosiva. Puede ser ceniza, lapilli, bloques y bombas volcánicas, piedra pómez, escoria, entre otros.

**TREMOR VOLCÁNICO.** Señal sísmica continua y rítmica que generalmente precede o acompaña a las erupciones volcánicas. El tremor volcánico está asociado al movimiento de magma o de otros fluidos magmáticos.

**VISCOSIDAD.** Medida de la resistencia de un material a fluir en respuesta a un esfuerzo. Mientras más alto sea el contenido de sílice en las lavas, más alta es su viscosidad.

**VOLCÁN.** Lugar situado sobre la superficie terrestre por donde se produce una expulsión de material magmático, total o parcialmente

fundido, formando una acumulación que por lo general toma una forma aproximadamente cónica alrededor del punto de salida. Con el tiempo y a causa de repetidas erupciones, dichas acumulaciones rocosas pueden volverse muy grandes y formar diversos tipos de montañas, también conocidas como *volcanes* o *edificios volcánicos*. Por ejemplo, el Misti, el Ubinas y el Chachani.

**VOLCÁN ACTIVO.** Un volcán se considera activo si ha tenido por lo menos una erupción durante el tiempo histórico (últimos 500 o

600 años), o incluso durante el Holoceno (últimos 10 mil años). Debido a que los procesos volcánicos se dan en la escala del tiempo geológico, el potencial de producir nuevas erupciones es alto.

**VULNERABILIDAD.** Se define como el grado o porcentaje de pérdida o daño que puede sufrir un elemento de la estructura social (población, infraestructura, productividad) por efecto de algún peligro o amenaza.



## RELACIÓN DE ILUSTRACIONES

### Figuras

- Fig. I- 1.** Zonas de actividad sísmica y volcánica. (INSIVUMEH).
- Fig. I-2.** Volcanes en zonas convergentes.
- Fig. I-3.** Distribución de los arcos volcánicos en la Cordillera de los Andes (De Silva & Francis, 1991). En rojo, los volcanes activos del Perú con actividad magmática (Sébrier & Soler, 1991).
- Fig. I-4.** Esquema de las partes de un volcán.
- Fig. I-5.** Tipos de erupciones volcánicas.
- Fig. I-6.** Volcán Vesubio, en Italia, año 79 d. C. (pintura de Plinio el Joven).
- Fig. I-7.** Mapa de espesor de cenizas del volcán Huaynaputina de la erupción del año 1600 (Fuente: Thouret et al., 1999).
- Fig. I-8.** Fases de la formación de un estratovolcán.
- Fig. I-9.** La cantidad de magma que interviene, el ritmo de emisión y el contenido en gas determinan el mecanismo eruptivo. La peligrosidad de la erupción y la posibilidad de pronóstico son mayores cuando la cantidad magma se movilice en poco tiempo. (Fig. M. Astiz).
- Fig. I-10.** Pompeya año 79 dC. Esta erupción destruyó toda la ciudad y mató a todos sus habitantes. (Fig. Recreación de Discovery Chanel).
- Fig. I-11 y Foto I-33.** Avalancha de escombros en el volcán Santa Helena, en 1980. (Fotos: USGS).
- Fig. II-1.** Expansión urbana de la ciudad de Arequipa. Nótese la tendencia del crecimiento urbano hacia el volcán Misti. En verde, el casco urbano para 2006, y en línea naranja, la expansión urbana al 2011. La flecha en rojo nos indica la distancia entre la Plaza de Armas de Arequipa y el cráter del Misti. (Elaboración: L. Macedo, INGEMMET).
- Fig. II-2.** Mientras más cerca se encuentra la vivienda al volcán, esta resultará más afectada. Si la vivienda se encontrara ubicada dentro de una quebrada y esta se encontrara alejada del volcán, también podría ser gravemente afectada, ya que es el lugar por donde descenderán los productos que emita el volcán en la erupción. (Protección Civil de España).
- Fig. II-3.** La exposición representa los bienes que hay en cada punto. En A, se presenta un ejemplo con cuatro casas próximas a un volcán activo. Ante una caída de cenizas (B), se tienen daños del 60% en 1, del 20% en 2 y 1% en 3. Para un flujo piroclástico (C), tenemos 100% de daños en 1 y 2. (Protección Civil de España).
- Fig. II-4.** Mapa de peligros del volcán Santa Ana, en El Salvador (Mapa del SNET).
- Fig. II-5.** Mapa de peligros del volcán Misti. En la parte derecha del mapa va la descripción de los peligros volcánicos, en la parte inferior, se grafican diferentes escenarios eruptivos, con dispersión de cenizas, lahares y diferentes IEV. (INGEMMET, 2007).
- Fig. II-6.** Mapa principal de peligros del volcán Misti. Nótese las zonas en alto peligro en color rojo, las zonas en moderado peligro en naranja, y las zonas en bajo peligro en amarillo (INGEMMET, 2007).
- Fig. II-7.** Métodos empleadas para la vigilancia volcánica en Perú.
- Fig. II-8.** Sismograma (Registro del volcán Ubinas, INGEMMET).

- Fig. II-9.** En la etapa 1, se observa el volcán en reposo. En la etapa 2, se observa deformación por ascenso de magma – inflación–. En la etapa 3, se observa la erupción y deflación del volcán. (Van der Laat, Observatorio Vulcanológico y Sismológico de Costa Rica. OVSICORI).
- Fig. II-10.** Vigilancia Satelital, imagen ASTER del volcán Ubinas (INGEMMET).
- Fig. IV-1.** Si vivimos en un área volcánicamente activa, es necesario saber sobre los riesgos y cómo enfrentarlos. (L. Macedo, INGEMMET).
- Fig. IV-2.** Copia de la Ordenanza Municipal que regula el crecimiento poblacional hacia el volcán Misti, en el distrito de Alto Selva Alegre.
- Fig. IV-3.** Mapa de ubicación de las coordenadas en UTM, donde se señalan los límites de expansión urbana hacia el volcán Misti, en el distrito de Alto Selva Alegre.
- Fig. IV-4.** Calendario 2007 en base a los mejores trabajos del concurso de dibujo de la I. E. Diego Thomson (Diseño: Giovanna Alfaro, INGEMMET).
- Fig. IV-5.** Sistema de alerta temprana del volcán Cotopaxi, en Ecuador (Dirección Nacional de Geología, DINAGE Ecuador).
- Fig. IV-6.** Cuadernillo «Aprendiendo a vivir con el volcán», (Foto: L. Macedo INGEMMET).
- Fig. IV-7.** No escuche ni propague información que no sea oficial, ya que podría causar pánico o desorden en la población. (INGEOMINAS).
- Fig. IV-8.** Organización del Comité de Defensa Civil. (INDECI, 2010).
- Fig. IV-9 y IV-10.** Difusión del simulacro por la prensa local, y Simulacro en Arequipa (Foto: J. Mariño, INGEMMET).
- Fig. IV-11.** Afiche para difundir la ejecución del 1.º Simulacro de Evacuación por Erupción Volcánica del Misti en Arequipa (Foto: L. Macedo, INGEMMET).
- Fig. IV-12.** Una familia organizada garantiza que no se cometan errores por pánico o desconocimiento, lo cual en su momento puede salvarles la vida. (INGEOMINAS).
- Fig. IV-13.** Mapa de rutas y etapas de evacuación del distrito de Alto Selva Alegre, en Arequipa. (Elaboración: Municipalidad de Alto Selva Alegre con el asesoramiento de INGEMMET y PREDES).
- Fig. IV-14.** Copia de la Ordenanza Municipal 10.11.2010.
- Fig. IV-15.** No lleve cosas innecesarias, que ocupan el espacio que puede salvar a más personas.

## Tablas

- Tabla I-1.** Índice de explosividad volcánica.
- Tabla II-1.** Factores de peligro y tipo de dano que ocasionan.
- Tabla II-2.** Volumen aproximado de productos volcánicos emitidos durante erupciones muy conocidas. La erupción de Tambora en 1815, la mayor conocida en tiempos históricos, expulsó cientos de veces la cantidad de cenizas que expulsó el monte Santa Helena en 1980. (Extraído del libro Ciencias de la Tierra de Tarbut & Lutgens).
- Tabla III-1.** Gestión del riesgo según el fenómeno natural al que se debe enfrentar.
- Tabla IV-1.** Población participante del simulacro en Alto Selva Alegre.
- Tabla IV-2.** Semáforo de alerta volcánica.

## Fotografías

- Foto I-1.** Volcán Arenal, en Costa Rica (Foto: OVSICORI).
- Foto I-2.** Lavas del volcán Kilauea, en Hawai. (Foto Ken Rubin).
- Foto I-3.** Volcán Santa Helena, en Estados Unidos. (Patricia Gregg).

- Foto I-4.** Volcán Kilauea, en Hawai. (Foto U. S. Geological Survey).
- Foto I-5.** Cono de escoria y ceniza en Andahua, Arequipa. (Foto: J. Mariño, INGEMMET).
- Foto I-6.** Columna eruptiva del volcán Ubinas, conformada por gases y ceniza, ocurrido el 14 de Marzo 2009. (Foto: R. Amache, PREDES).
- Foto I-7.** Volcán Sabancaya emitiendo una columna de ceniza y gases en 1995. (Foto: L. Macedo, INGEMMET).
- Foto I-8.** Erupción del volcán Monte Santa Elena, con una columna de ceniza, fragmentos líticos y gases, 18 de Mayo de 1980 (Foto: R. Kimmel, USGS).
- Foto I-9.** Caldera y tres cráteres anidados del volcán Huaynaputina, erupción del año 1600 d. C. (Foto: P. Masías, INGEMMET).
- Foto I-10.** El volcán Montaña Pelada o Mont Pelée, ubicado en la Martinica es un claro ejemplo de erupción tipo peleana. (Foto: Llovey, Am. Mus. Nac. Hist.)
- Foto I-11.** Volcán Parícutín, México, luego de su erupción de 1943. (Foto: Tobito, comunidad de Hurones).
- Foto I-12.** Iglesia de San Juan, rodeada de lavas del Parícutin. (Foto: Vico Colin).
- Foto I-13.** Lavas fluidas del volcán Kilauea, Hawai. (Foto: Ken Burns).
- Foto I-14.** Volcán Misti, en Arequipa, Perú (Foto: J. Ubeda).
- Foto I-15.** Volcán Ubinas, en Moquegua, Perú (Foto: R. Amache, INGEMMET).
- Foto I-16.** Impacto de bombas volcánicas en la caldera del volcán Ubinas. (Foto: J. Mariño, INGEMMET).
- Foto I-17.** Depósitos de escoria, en la localidad de Andahua (Foto: J. Mariño, INGEMMET).
- Foto I-18.** Piedra pómez, del volcán Misti, en el distrito de Mariano Melgar. (Foto: L. Macedo, INGEMMET).
- Foto I-19.** Depósitos de lapillis en el valle del río Chili, provenientes del volcán Misti (Foto: J. Mariño, INGEMMET).
- Foto I-20.** Caída de cenizas, erupción del volcán Chichón, México. (Foto: Francisco Ramos).
- Foto I-21.** Niña con problemas en los ojos por la ceniza emitida por el volcán Ubinas en 2006. (Foto: J. Mariño, INGEMMET).
- Foto I-22.** Caída de ceniza volcánica, limpieza de las viviendas. Volcán Puyehue, Chile. Diario Uno (Foto: infobae.com).
- Foto I-23.** Los niños son el sector de la población más vulnerable ante los desastres. (Foto: Francisco Ramos).
- Foto I-24.** Los animales domésticos sufren mucho cuando ocurren desastres, ya que muchas veces son olvidados o no se dan condiciones para trasladarlos y darles el sustento. (Foto: Volcán Chaiten-Chile. National Geographic).
- Foto I-25.** Los vehículos pueden servir de refugio temporal, pero para ello deben estar en buenas condiciones con el fin de que sirvan de traslado y no obstaculicen las vías de evacuación. (Foto: Francisco Ramos) Volcán Puyehue).
- Foto I-26.** Erupción pliniana del volcán Chaitén, Chile, en 2008. (Foto: National Geographic).
- Foto I-27.** Algunas escenas de muerte han llegado a nosotros gracias al calcado en yeso efectuado por los arqueólogos. (Foto: Leonard Von Matt).
- Foto I-28.** Flujo piroclástico proveniente del volcán Huaynaputina, la última gran erupción ocurrida en los Andes. Con un IEV 6 a 7, afectó gran parte del sur del Perú y países vecinos. (Foto: P. Masías, INGEMMET).
- Fotos I-29 y I-30.** Pequeña erupción del volcán Nevado del Ruíz, en 1985, la cual produjo un lahar que llegó a la ciudad de Armero, a 70 km de distancia del cráter del volcán, provocando la muerte de 23 000 personas y la destrucción de la ciudad. (Foto: INGEOMINAS).
- Fotos I-31 y I-32.** Lahares en el río Chili, correspondientes a la última erupción del volcán Misti, aproximadamente en 1442, donde se observan restos de cerámicos. (Fotos: J. Mariño, INGEMMET).
- Foto I-33.** Avalancha de escombros en el volcán Santa Helena, en 1980. (Foto: USGS).
- Foto I-34.** Lava cordada, tipo panhoehoe, en Hawai. (Foto: JC. Diaz).
- Foto I-35.** Lavas tipo aa del Kilavea - Hawai. (Foto: David Jordan).
- Foto I-36.** Liberación de gases, cráter del volcán Ubinas, en 2006 (Foto: Anthony Finizola, VEA).

- Foto II-1.** El volcán Vesubio está considerado uno de los volcanes más peligrosos del mundo. Es un volcán activo situado frente a la bahía de Nápoles y a unos nueve kilómetros de distancia de esta ciudad. (Foto T. Belova).
- Foto II-2.** Las erupciones volcánicas pueden prolongarse por meses, causando muchos problemas de salud, económicos, sociales, etc. Volcán Merapi en Indonesia. (Fuente: COMBASE).
- Foto II-3.** Volcán Eyjafjalla en Islandia. Colapsó el tráfico aéreo de casi toda Europa (2010). (Foto: Sean Stiegemeir).
- Foto II-4.** La percepción del riesgo está basada en el grado de conocimiento. En la imagen, se aprecian personas acercándose a un flujo de lava en el volcán Eyjafjalla de Islandia (2010), sin embargo, en Arequipa la población no ha visto erupcionar un volcán, pero le temen mucho a un flujo de lava. (Foto: Sean Stiegemeir).
- Foto II-5.** Vigilancia visual al volcán Ubinas, donde se mide altura de la columna eruptiva, presencia de gases, cenizas, coloración, ruido etc. (Foto: INGEMMET).
- Foto II-6.** Sismómetro utilizado en el volcán Ubinas (Monitoreo sísmico de INGEMMET).
- Foto II-7.** Implementación de la red geodésica en el volcán Ubinas (Foto: D. Espinoza, INGEMMET).
- Foto II-8.** Toma de muestras de aguas y temperaturas, volcán Ticsani (P. Masías, INGEMMET).
- Foto II-9.** Toma de muestras de gases y temperaturas, volcán Misti (P. Masías, INGEMMET).
- Foto III-1.** Poblador de Ubinas observando una explosión, 23 de marzo de 2007 (Foto: José Acosta).
- Foto III-2.** Ciudad de Armero, después de la erupción del Nevado de Ruiz, donde fallecieron 23 000 personas. (Foto: INGEOMINAS).
- Foto III-3.** Población de Ubinas reunida con sus autoridades para la toma de decisión de ejecutar la evacuación de la población (Foto: R. Amache, PREDES).
- Foto III-4.** Comité Regional de Defensa Civil de Arequipa, en la elaboración de planes de contingencia ante erupciones volcánicas. Esto en momentos en que el volcán Misti se encuentra activo, pero no en fase eruptiva. Ejemplo a seguir en planes de prevención de desastres. (Foto: L. Macedo, INGEMMET).
- Foto III-5.** Capacitaciones a la población de Alto Selva Alegre, en Arequipa, sobre el peligro volcánico (Foto: L. Macedo, INGEMMET).
- Foto III-6.** La población de Alto Selva Alegre se informa sobre la ubicación de sus viviendas respecto al mapa de peligros del volcán Misti, así asume sus riesgos y trabaja con sus autoridades en planes de prevención. (Foto: L. Macedo, INGEMMET).
- Fotos III-7 y III-8.** Verificación en campo de las rutas y etapas de evacuación en Arequipa. Este proceso se realizó con representantes de todas las instituciones públicas de Arequipa; se llevó a cabo una prueba en vacío antes de la ejecución del simulacro. (Foto: L. Macedo, INGEMMET).
- Foto III-9.** Simulacro de evacuación por erupción del volcán Misti, distrito de Alto Selva Alegre (Foto: B. Zavala, INGEMMET).
- Foto III-10.** Evacuación de la población de Alto Selva Alegre hacia los refugios en el simulacro (Foto: B. Zavala, INGEMMET).
- Foto III-11.** Evacuación por erupción de la población de Querapi y Ubinas al incrementarse actividad eruptiva del volcán Ubinas (Foto: PREDES).
- Foto III-12.** Campamento de Chacchagen, donde se albergó a la población de Ubinas, Tonohaya, San Miguel y Escacha, como medida de prevención por incremento de actividad eruptiva del volcán Ubinas en el año 2006. (Foto: J. Mariño, INGEMMET).
- Foto III-13.** Ayuda humanitaria que recibieron los pobladores de Ubinas en 2006 (Foto: J. Acosta, Municipalidad de Ubinas).
- Foto III-14.** La ayuda humanitaria en Ubinas no solo constó de alimentos, enseres y ropa, también consistió de máscaras, lentes, entre otros. (Foto: J. Acosta, Municipalidad de Ubinas).
- Foto III-15.** Foto del albergue de Anascapa, donde la población de Ubinas permaneció por poco más de un año. Cuando la actividad eruptiva del volcán se calmó, la población regresó a sus viviendas. (Foto: J. Mariño, INGEMMET).

- Fotos III-16 y III-17.** Límite de expansión urbana bajo Ordenanza Municipal en el Distrito de Alto Selva Alegre. (Foto: L. Macedo, INGEMMET).
- Foto III-18.** Una decena de muertos, diez mil damnificados y dos mil viviendas colapsadas fueron las cifras de las inundaciones registradas en Cusco, luego de las inundaciones ocurridas en febrero de 2010. (Foto: diario La República.)
- Foto III-19.** Elaboración del plan de contingencia ante erupción del volcán Misti, en Alto Selva Alegre (Foto: L. Macedo, INGEMMET).
- Foto III-20.** Elaboración del plan de emergencia ante erupción del volcán Misti en el Centro de Operaciones de Emergencia del Gobierno Regional de Arequipa. (Foto: L. Macedo, INGEMMET).
- Foto III-21.** Comité de Ciencia y Tecnología con autoridades mostrando los escenarios eruptivos del volcán Misti (Foto: L. Macedo, INGEMMET).
- Foto III-22.** Elaboración del plan de emergencia ante erupción del volcán Misti, por la Comisión de Salud de la región Arequipa (Foto: L. Macedo, INGEMMET).
- Foto III-23.** El sector Salud en actividad durante el 1.º Simulacro de Evacuación por Erupción Volcánica del Misti. Este es un buen momento para realizar estas prácticas y llevarlas a cabo de la manera más real posible. (Foto: L. Macedo, INGEMMET.)
- Fotos III-24 y III-25.** Ciudad de Armero antes y después de la erupción del Nevado del Ruiz, donde fallecieron 23 000 personas. Esto se hubiera evitado con la capacitación de la población y la coordinación estrecha entre autoridades y científicos. (Foto: INGEOMINAS).
- Foto IV-1.** Capacitación por el INGEMMET a la población sobre el peligro volcánico y medidas de protección ante erupciones volcánicas, en coordinación con la Municipalidad de Alto Selva Alegre (Foto: L. Macedo, INGEMMET).
- Foto IV-2.** Estimación del riesgo por erupción volcánica del Misti, por vulcanólogos del INGEMMET (Foto: L. Macedo, INGEMMET).
- Foto IV-3.** En la foto podemos apreciar el riesgo al que esta expuesta la población asentada en el mismo cause de la Qda. San Lázaro, lugar por donde descenderían los productos que emita el Misti en su próxima erupción. (Foto: Arequipainfo).
- Foto IV-4.** Terremoto ocurrido en Pisco en agosto de 2007, donde la población y las autoridades superaron su capacidad de respuesta; fue necesaria la intervención de ayuda a nivel nacional e internacional. (Foto: INDECI Pisco).
- Foto IV-5.** Concurso de dibujo con escolares de la I. E. Nuestra Señora del Pilar (Foto: L. Macedo, INGEMMET).
- Foto IV-6.** Comité Distrital de Defensa Civil de Alto Selva Alegre. En pleno proceso de elaboración del Plan de Contingencia ante erupción volcánica del Misti. (Foto: L. Macedo INGEMMET).
- Foto IV-7.** Simulacro de evacuación por erupción volcánica del Misti en el distrito de Alto Selva Alegre (Foto: J. Mariño, INGEMMET).
- Foto IV-8.** Es importante que se elabore un plan para la ejecución del simulacro, donde participen autoridades de todas las instituciones de Estado y representantes de las comisiones del Comité de Defensa Civil. (Foto: L. Macedo, INGEMMET).
- Foto IV-9.** La planificación parte de gabinete y se comprueba en campo, donde deben participar las autoridades y la comunidad. (Foto: L. Macedo, INGEMMET).
- Foto IV-10.** Reunión del Comité Regional de Defensa Civil de Arequipa para la toma de decisiones (Foto: L. Macedo, INGEMMET).
- Foto IV-11.** La participación de las Fuerzas Armadas, así como de las instituciones científicas, es importante en los ejercicios de prevención, pero siempre deben ser liderados por las autoridades. (Foto: L. Macedo, INGEMMET).
- Foto IV-12.** Concentración de la población de Alto Selva Alegre luego sentir las sirenas para iniciar el simulacro de evacuación (Foto: B. Zavala, INGEMMET).
- Foto IV-13.** Con mucho realismo, la población participó en el simulacro en Arequipa. (Foto: PREDES).
- Foto IV-14.** Simulación de atención de heridos por el Ministerio de Salud, simulacro en Arequipa (Foto: L. Macedo, INGEMMET).
- Foto IV-15.** Caravana de vehículos MAN del ejército peruano para transportar a la población hacia los refugios en el simulacro de Arequipa (Foto: PREDES).

- Foto IV-16.** Bladers de agua potable para la población evacuada al albergue en el simulacro de Arequipa (Foto: B. Zavala, INGEMMET).
- Foto IV-17.** Campamento implementado según Proyecto Esfera para el simulacro de Arequipa (Foto: M. Rivera, INGEMMET).
- Foto IV-18.** Suministro de medicamentos y atención de primeros auxilios por la Cruz Roja Peruana, y simulacro de Arequipa (Foto: J. Mariño, INGEMMET).
- Foto IV-19.** Los Gobiernos regionales son los encargados de planificar y organizar simulacros, que se ejecutan mediante coordinaciones entre el Jefe de Defensa Civil y Defensa Nacional y el Comité Regional de Defensa Civil. (Foto: L. Macedo, INGEMMET).
- Foto IV-20.** Funcionarios de Defensa Civil de la región Moquegua, que atendieron una crisis eruptiva del volcán Ubinas, evaluaron el simulacro de Arequipa. (Foto: L. Macedo, INGEMMET).
- Foto IV-21.** Señalización que indica puntos de embarque donde la población deberá reunirse cuando las autoridades lo indiquen para poder ser evacuada a zonas seguras. (Foto: Municipalidad de Alto Selva Alegre).
- Foto IV-22.** Señalización que indica las rutas de evacuación hacia zonas seguras o albergues (Foto: Municipalidad de Alto Selva Alegre).
- Foto IV-23.** Momento de evacuación de la población del AAHH esperanza de Alto Selva, Alegre, dentro del desarrollo del simulacro de evacuación. (Foto L. Macedo INGEMMET).
- Foto IV-24.** Mapa de peligros del volcán Misti, ubicado en la UGEL Sur de Arequipa (Foto: L. Macedo, INGEMMET).
- Foto IV-25.** Albergue de Chacchagen, armado para atender la emergencia de la crisis del volcán Ubinas (Foto: M. Rivera, INGEMMET).
- Foto V-1.** Capacitación a escolares de la I. E. Francisco García Calderón de Chivay. Las capacitaciones sobre los desastres y la prevención son muy importantes para la toma de conciencia desde edades tempranas, lo cual garantiza una mejor gestión del riesgo en futuras generaciones. Foto: L. Macedo, INGEMMET).
- Foto V-2.** Capacitación a escolares de Moquegua sobre el peligro volcánico. Estos escolares viven cerca de volcanes activos como el Ubinas y Ticsani. (Foto: L. Macedo, INGEMMET).
- Foto V-3.** Feria de Ciencias Escolar, donde los estudiantes de Alto Selva Alegre, luego de las capacitaciones, crean alternativas de solución para el crecimiento poblacional hacia el volcán Misti, proponiendo que se construya un albergue como centro recreacional de ascenso al Misti y un bosque cactáreo en la zona limítrofe con la población actual para que deje de expandirse hacia el volcán. (Foto: H. Pareja, Municipalidad de Alto Selva Alegre).
- Foto V-4.** El volcán Misti en Arequipa (Perú) es un gran atractivo turístico donde se practica el andinismo, entre otros deportes de aventura y que además ofrece gracias a los productos emitidos un suelo muy fértil. (Foto: J. Mariño, INGEMMET).
- Foto V-5.** Cráter del volcán Irazú, en Costa Rica, un atractivo turístico que da trabajo a muchas personas. (Foto: L. Macedo, INGEMMET).
- Foto V-6.** Escolares del nivel primario de la I. E. Diego Thomson de Alto Selva Alegre, mostrando las maquetas elaboradas en el curso de Ciencia y Ambiente.
- Foto V-7.** Estudiantes del nivel secundario de la I. E. Diego Thomson de Arequipa, plasmando por medio del arte lo aprendido sobre los peligros volcánicos. (Foto: L. Macedo, INGEMMET).
- Foto V-8.** Concurso de dibujo en la I. E. Nuestra Señora del Pilar. Los volcanes no deben ser tratados como temas de miedo, sino como temas de conocimiento y de aprendizaje a vivir con nuestro entorno. (Foto: L. Macedo, INGEMMET).
- Foto V-9.** Escolares de la I. E. Diego Thomson, en pleno desfile alegórico, donde distribuyeron a la población material educativo sobre el volcán Misti. (Foto: L. Macedo, INGEMMET).
- Foto V-10.** Escolares de la I. E. Wolfgang Amadeus Mozart, en pleno concurso de dibujo. (Foto: L. Macedo, INGEMMET).
- Foto V-11.** Escolares de la I. E. María Auxiliadora, mostrando su maqueta en la Feria de Ciencias en Chivay. (Foto L. Macedo, INGEMMET).

- Foto VI-1.** La depresión post desastre puede ser permanente si no es tratada a tiempo. (Foto: G. Herrero).
- Foto VI-2.** Albergue de Chacchagen que albergó a los pobladores de Ubinas por más de un año. No siempre las carpas son las más adecuadas para este tipo de clima frío, pues puede traer enfermedades como consecuencia. (Foto: J. Mariño, INGEMMET).
- Foto VI-3.** Niños recibiendo apoyo psicológico para lidiar con el estrés de la actividad volcánica del Ubinas. (Foto: J. Mariño, INGEMMET).
- Foto VI-4.** Ante la incertidumbre durante una crisis volcánica, se crea mucho estrés en niños y jóvenes. Imagen de jóvenes en la crisis del volcán Ubinas con clara muestra de preocupación. (Foto: J. Mariño, INGEMMET).
- Foto VI-5.** La ansiedad y preocupación por adultos mayores es significativa y puede desencadenar problemas más severos. (Foto: G. Herrero).
- Foto VI-6.** Olla común organizada en el albergue de Chacchagen durante la crisis volcánica del Ubinas. (Foto: J. Mariño, INGEMMET).
- Foto VI-7.** El impacto producido en las mentes de los niños es fuerte; es necesaria la participación de ayuda psicológica. (Foto: J. Mariño, INGEMMET).
- Foto VI-8.** Participación de los jóvenes en las tareas de recuperación de la población durante la erupción del volcán Ubinas. (Foto: J. Mariño, INGEMMET).

