



## 1.3

## ERUPCIONES VOLCÁNICAS

*La finalidad de esta sección es aumentar su entendimiento de:*

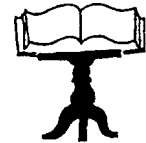
- *los fenómenos geológicos que causan las erupciones volcánicas*
- *las características de las erupciones volcánicas y sus efectos negativos*
- *progreso y problemas en la predicción de erupciones volcánicas*
- *los elementos necesarios para un plan de emergencia volcánica*

### Introducción

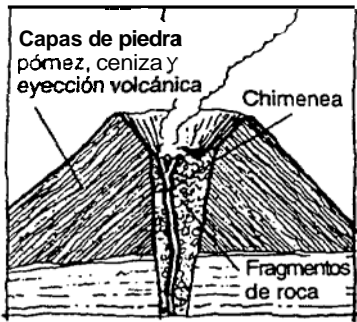
El volcán es un canal o chimenea hacia la superficie de la tierra desde un depósito de roca fundida, llamada magma, en la profundidad de costra de la tierra. Actualmente hay aproximadamente 600 volcanes activos en el mundo (han hecho erupción en el registro de la historia), y muchos miles están inactivos (podrían activarse nuevamente) o se han extinguido (no se espera que hagan erupción nuevamente). Como promedio, unos 50 volcanes hacen erupción cada año. Desde el año 1000 A.C., más de 300.000 personas han muerto en forma directa o indirecta a causa de erupciones volcánicas y, actualmente, más o menos el 10% de la población mundial vive cerca o en volcanes potencialmente peligrosos.

La vulcanología, el estudio de los volcanes, ha experimentado un período de intenso interés después de cuatro erupciones de magnitud en la década de 1980: Monte Santa Elena en E.U.A. (1980), El Chichón, México (1982), Galunggung, Indonesia (1982) y el Nevado del Ruiz, Colombia (1985). Aunque las erupciones del Santa Elena se pronosticaron con bastante precisión, no se ha logrado la capacidad de pronóstico en una base mundial de las erupciones más explosivas. Las amenazas volcánicas potenciales asociadas con El Chichón, el cual causó el peor desastre volcánico en la historia de México, fueron totalmente ignoradas. Las medidas deficientes de ejecución y evacuación a pesar del suficiente aviso resultó en más de 22.000 muertes del Ruiz. El Galunggung hizo erupción durante nueve meses, trastornando la vida de 600.000 personas. Un estudio de estas erupciones recalca la importancia de los estudios geocientíficos previos al desastre, las evaluaciones de amenazas volcánicas, la vigilancia del volcán y planificación de emergencia y estimula las comunicaciones entre científicos y autoridades. Especialmente apremiante es el problema de que la mayoría de los volcanes más peligrosos del mundo están en países densamente poblados donde se cuenta sólo con escasos recursos para monitorear su existencia.

## VOLCÁN



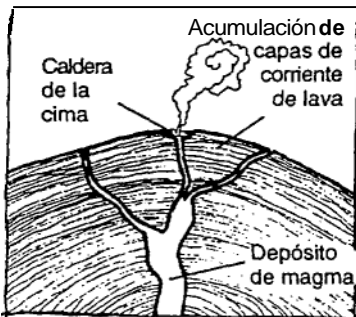
**Introducción a las amenazas**



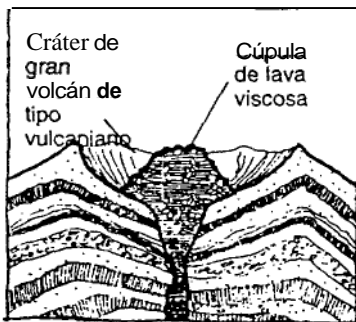
**Volcán de tipo islándico**



**Volcán de tipo vulcanfano**



**Volcán de tipo hawaiano**



**Volcán de tipo peleano**

**Figura 1.3.1**

*Tipos de volcanes*

**HOJA INFORMATIVA DE AMENAZA DE ERUPCIONES VOLCÁNICAS**

**Pérdidas de erupciones volcánicas seleccionadas**

Año	Ubicación	Muertes	Perdidas en millones de US\$
1701	Fuujyama, Japón	20.000	
1883	Krakatoa, Indonesia	36.000	
1902	<b>Peléé</b> , Martinica	<b>28.000</b>	
1963	Agung, Indonesia	<b>3.870</b>	
1980	Santa Elena, E.U.A.	60	860
1985	Armero, Colombia	22.000	1.000
1986	Camérún (gas)	1.736	
1991	Pinatubo, Filipinas	<b>1.000</b>	

*Fuentes: Nature and Resources, Vol. 27, No. 1, 1991, y Earthquakes and Volcanoes, 1988)*

**Fenómenos causales**

**Magma** — Los ingredientes básicos para que suceda una erupción volcánica es la roca fundida (magma) y una acumulación de gases debajo de la chimenea volcánica activa, la cual puede estar en tierra o debajo del mar. El magma se compone de silicatos que contienen gases disueltos y a veces minerales cristalizados en una suspensión de tipo líquido. Impulsado por fuerzas ascendentes y presiones de gas, el magma, que es más liviano que las rocas circundantes, fuerza su camino hacia afuera. A medida que alcanza la superficie, las presiones disminuyen permitiendo la efervescencia de los gases disueltos, empujando el magma a través de la chimenea volcánica a medida que se descargan.

La composición química y física del magma, determina la fuerza con que el volcán hace erupción. **Cuando** el magma es menos viscoso permite que el gas se descargue con mayor facilidad. El magma más viscoso, que tal vez contiene más partículas sólidas, puede contener estos gases por más tiempo permitiendo que se acumulen grandes presiones. Esta presión mayor puede conducir a erupciones más violentas.

**Tipos de volcanes**

**Volcán de tipo islándico** — Los volcanes de tipo islándico se han formado de erupciones explosivas que acumulan capas de piedra pómez, cenizas y otras eyecciones volcánicas. Son relativamente bajos, unos 300 metros desde la base, tienen laderas inclinadas y usualmente un cráter en la cima. El volcán Paricutín en México, se activó en **1943** después de emitir fumarolas desde las fisuras en el terreno de maizal de un campesino. Un violento terremoto siguió, acumulándose rocas y arena alrededor de **este** recién formado cráter. Después de una serie de explosiones se formó un cráter fluyendo después la lava bajo sus laderas. Después del primer día, el cono medía **37** metros de altura. En una semana tenía 170 metros y dentro de diez semanas alcanzó **338** metros de altura, alcanzando una extensión de cientos de hectáreas. Durante nueve años de actividad, Paricutín cubrió de ceniza unos **260** kilómetros cuadrados destruyendo un pueblo de la cercanía.



**Volcán de tipo vulcaniano** — Los volcanes de conos estratificados o mixtos, tienen laderas inclinadas, conos simétricos y están formados por la alternancia de capas repetidas de lava, ceniza y carboncillo, pudiendo alcanzar una altura de unos 2.400 metros. Un sistema de conducto dentro del volcán permite que el magma salga a la superficie. Las montañas más pintorescas en el mundo son volcanes de tipo vulcaniano, tales como el Monte Fujiyama en Japón, Monte Santa Elena en los Estados Unidos y el Monte Vesubio en Italia. Cuando el tapón endurecido en la garganta del volcán explota por la acumulación de presión, se provoca una de las erupciones volcánicas más devastadoras.

**Volcán de tipo hawaiano** — Un volcán de tipo hawaiano se forma de los depósitos consecutivos de lava que se extiende hacia todas direcciones desde la chimenea central sobre grandes distancias, creando la forma de cúpula parecida al escudo de un guerrero. Las laderas en la falda del volcán son de sólo unos pocos grados. El Mauna Loa en la isla de Hawaii es un magnífico volcán de este tipo que se eleva a 4.207 metros sobre el nivel del mar. Es uno de los seis volcanes, incluyendo el volcán submarino Loihi, que todavía se encuentra en el proceso de formación en las islas hawaianas.

**Volcán de tipo peleano** — Este tipo ocurre usualmente dentro de los cráteres o en las faldas de los volcanes mixtos. La lava es muy viscosa y en vez de fluir se acumula y endurece alrededor de la chimenea, creciendo desde adentro y finalmente explotando y fragmentándose. El Monte Pelée en Martinica, las Antillas, es un ejemplo de este tipo de cúpula.

## Características generales de las erupciones volcánicas

Los efectos de las erupciones volcánicas en la vida y propiedad varía según el tipo de material arrojado y la extensión de los depósitos.

### *Lluvia de cenizas*

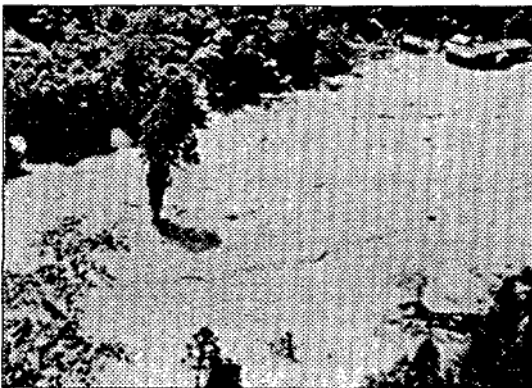
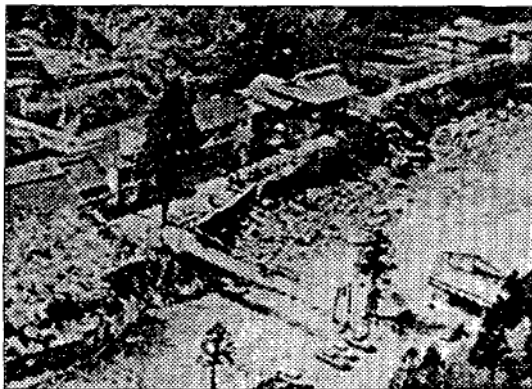
Casi todos los volcanes expulsan ceniza, pero su emanación varía ampliamente en volumen e intensidad. Una densa caída de ceniza puede causar total obscuridad o reducir drásticamente la visibilidad. Las partículas finas de grandes erupciones viajan alrededor del mundo pudiendo también afectar el clima mundial. Las nubes de polvo y ceniza pueden permanecer en el aire durante días o semanas y diseminarse sobre grandes distancias, causando problemas respiratorios y dificultad para conducir, y también contribuyen al derrumbe de edificios y trastornos en el tráfico aéreo. La lluvia de cenizas puede ocurrir con otros fenómenos de erupción, particularmente con flujos piroclásticos.

### *Flujos piroclásticos*

Los flujos piroclásticos (del griego "fuego-quebrado") son los más peligrosos de todos los fenómenos volcánicos porque virtualmente no hay tiempo para defenderse. Aparece en forma de explosiones dirigidas horizontalmente o de rápidas ráfagas de gas en movimiento que contienen ceniza y fragmentos más grandes en suspensión. Viajan a gran velocidad y queman todo lo que encuentran a su paso. Los flujos se mueven en forma de avalancha de nieve o

*Pueblo Ohmachi en  
Japón ubicado al fondo  
del valle afectado por  
forrentes de detritos  
volcánicos*

**Antes**



**Despues**

*UNDRONews, marzo/abril,  
1986*

rocas ya que contienen una pesada carga de polvo y fragmentos de lava, los cuales son más densos que el aire que los rodea. A medida que viajan se sigue descargando gas, creando una nube que se expande continuamente.

Hay varios tipos de flujos piroclásticos pero todos se caracterizan por su alta velocidad, principalmente en una dirección horizontal y por sus muy altas temperaturas. Los flujos piroclásticos en la erupción del Monte Santa Elena, en 1980, avanzaron a una velocidad de hasta 870 km por hora, y los depósitos piroclásticos encontrados dos días después de la explosión al pie de la montaña registraron temperaturas de más de 700 grados centígrados. La mayor distancia registrada de dichos flujos es de **35** kilómetros.

### ***Aludes de lodo y detritos volcánico (lahars)***

Enormes cantidades de ceniza y de fragmentos más grandes se acumulan después de una erupción en las empinadas laderas de un volcán, a veces de una profundidad de varios metros. Cuando se mezclan con agua, las eyecciones volcánicas se transforman en un material que fluye fácilmente colina abajo, como concreto mojado. "Lahar" es un término indonésico para referirse a la corriente de eyecciones o corrientes de lodo. Una corriente "primaria" de eyecciones es causada por actividad eruptiva; por ejemplo, el derretimiento de la nieve y hielo por los materiales volcánicos calientes, y una corriente "secundaria" de eyecciones resulta cuando grandes precipitaciones de lluvia saturan los depósitos.

La velocidad del alud es afectada por el volumen del lodo y los escombros, su viscosidad y la pendiente y característica del terreno. La velocidad puede alcanzar hasta 100 km por hora y la distancia viajada puede sobrepasar los 100 kilómetros. Los aludes de lodo y detritos pueden ser muy destructivos. Pueblos enteros han quedado enterrados, como por ejemplo Armero, en Colombia. Se obstruyen canales causando inundaciones y cambiando el curso de los ríos.

### ***Ríos de lava***

Los ríos de lava se forman por la lava caliente derretida que fluye del volcán y se disemina alrededor de los campos circundantes. Dependiendo de la pendiente del terreno y de la viscosidad de la lava, la corriente puede avanzar con una rapidez de hasta 54 km por hora; sin embargo, usualmente es suficientemente lenta permitiendo a las criaturas vivas trasladarse a lugares seguros. A veces se desprenden los bordes causando pequeñas avalanchas calientes.

### ***Fumarolas volcánicas***

El gas es producto de todas las erupciones y también lo emite el volcán durante períodos de inactividad, ya sea intermitente o continuamente. Las fumarolas volcánicas se componen principalmente de vapor, aunque hay a menudo grandes cantidades de anhídrido sulfuroso tóxico, ácido sulfhídrico y una cantidad menor pero mensurable de ácido clorhídrico y ácido fluorhídrico tóxicos. El anhídrido carbónico es a menudo un importante componente del gas volcánico y tiene propie-



dades asfixiantes ya que es mucho más denso que el aire y tiende a viajar hacia áreas y valles bajos. Varios escaladores de montaña y esquiadores fueron afectados en Japón por las emanaciones volcánicas en un valle cerca del volcán Kusatsushirane, y con el tiempo se instaló un sistema de alarma. En 1986, cerca de 1.800 personas se asfixiaron en una explosión de anhídrido carbónico de cráteres de lagos en Camerún.

### *Tsunamis*

Los tsunamis **se** generan por movimiento en el fondo del océano causado posiblemente por un volcán. (Vea sección sobre Tsunamis). En un estudio de erupciones volcánicas en los Últimos 100 años, los accidentes mortales sufridos por **seres** humanos a causa de amenazas indirectas de tsunami son tan notables como aquellos causados por flujos primarios piroclásticos y aludes de lodo.

*P. ¿Cuáles son los sucesos característicos básicos asociados con las erupciones volcánicas?*

*R.* \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

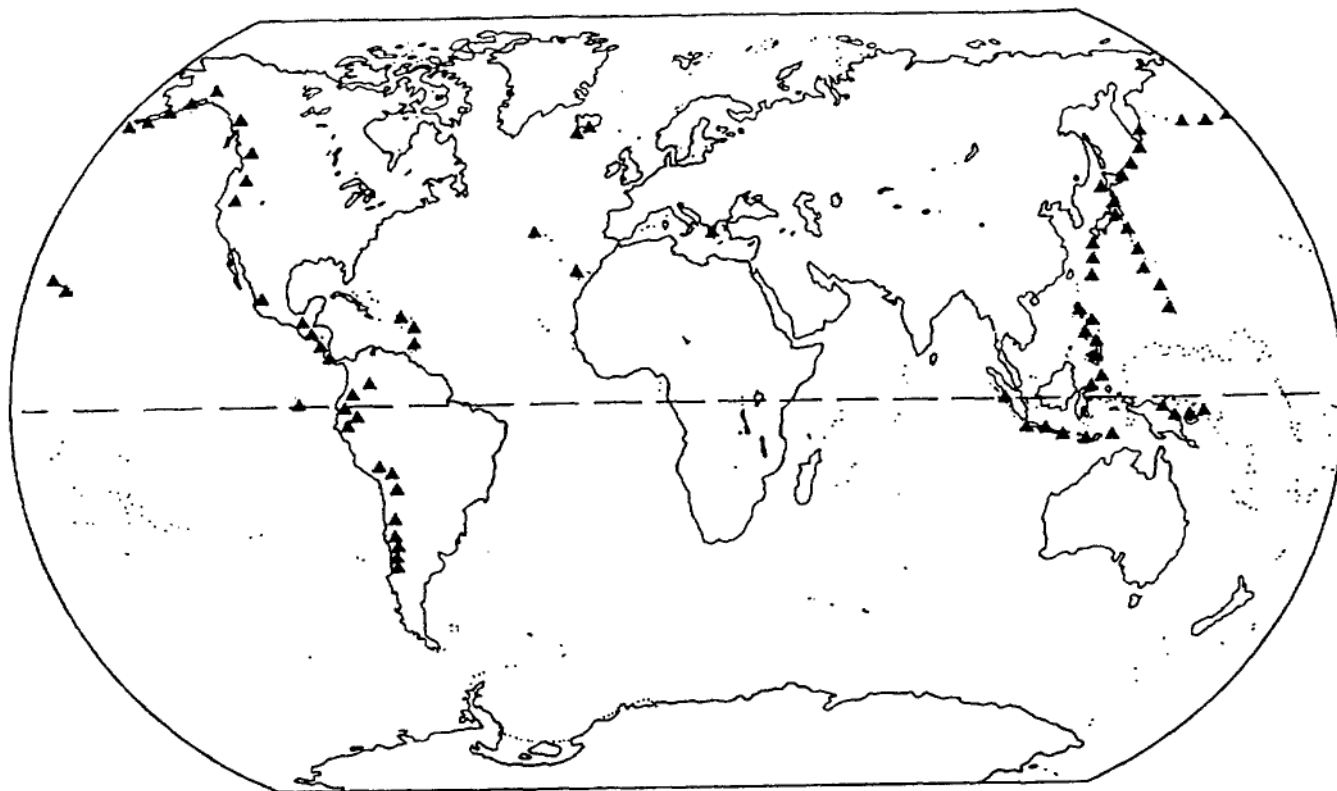
*P. ¿Cuáles de estas causas, si hay alguna, puede pronosticarse en su comunidad o país?*

*R.* \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



### **Ubicación de los volcanes**

Un mapa de todas las erupciones de volcanes sucedidas en tiempos históricos describe en forma definida los cinturones volcánicos. Igual que los terremotos, los volcanes son esencialmente fenómenos de placas limitadoras, que muestran las enormes fuerzas geológicas donde las placas de la costra o tectónicas ejercen fuerzas entre ellas. La mayoría de los volcanes están en el Océano Pacífico formando el “Cinturón de Fuego del Pacífico”. Una gran proporción de volcanes se encuentran en arcos de islas, siendo el más largo el de las islas Aleutianas que se extiende por más de 4.762 km desde **Alaska** a Asia. Otros ejemplos son Japón, las Filipinas, indonesia, Nuevas Hébridas y Tonga. Cada arco está asociado con una profunda franja oceánica. La costa oriental del Pacífico es también sitio de muchos volcanes extendiéndose desde los Estados Unidos, Centro y Sudamérica. Debe añadirse que los volcanes submarinos comprenden dos tercios del volcanismo de la tierra y aunque causan pocos efectos primarios, pueden ser responsables de tsunamis y **otros** fenómenos relacionados a terremotos.



**Figura 1.3.2**

*Distribución mundial de volcanes activos y de alto riesgo*

*Se pueden hacer pronósticos a corto plazo dentro de horas o meses mediante técnicas de vigilancia volcánica, la cual incluye monitoría sísmica, estudios de deformación del terreno y observaciones y registros de cambios hidrotérmicos, geoquímicos y geoeléctricos.*

En el Océano Atlántico, la actividad volcánica es mucho menos extendida y generalmente ocurre en dos sitios: los bordes midoceánicos y las Antillas. Volcanes formados por fracturas, tales como aquellos de Islandia y África Oriental, comprenden más o menos el 15 por ciento de los volcanes activos conocidos. En unos 100 lugares del mundo existen regiones aisladas de actividad volcánica. Estos misteriosos puntos **calientes** yacen profundamente dentro del interior de la tierra y originan volcanes en las placas que se mueven sobre ellos, no necesariamente en los bordes de las placas. Aparentemente las islas Hawaianas fueron formadas en secuencia a medida que la placa del Pacífico se deslizó sobre un solo punto caliente.

### **Capacidad de pronóstico**

La vigilancia sistemática de los volcanes, iniciada a principios de este siglo en el Observatorio Hawaiano de Volcanes, indica que la mayoría de las erupciones son precedidas por cambios geoquímicos y geofísicos mensurables. **Se** puede hacer pronósticos a corto plazo dentro de horas o meses utilizando la información derivada de técnicas de vigilancia volcánica, la cual incluye monitoría sísmica, estudios de deformación del terreno y observaciones y registros de cambios hidrotérmicos, geoquímicos y geoeléctricos. Por medio de la monitoría cuidadosa de estos factores, los científicos pudieron pronosticar dentro de **horas**, trece erupciones del Monte Santa Elena que tuvieron lugar entre junio de 1980 y diciembre de **1982**.

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 y tefrita que pueden estudiarse para determinar la fecha de la erupción, la extensión de las corrientes y el **período** de tiempo entre erupciones.



## *Problemas en el pronóstico y predicción de erupciones*

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 extraordinaria vigilancia de sucesos en el Monte **Santa Elena** da confianza en los avances de técnicas futuras. Sin embargo, estos métodos deben ser comprobados en otros volcanes y en erupciones más explosivas.

La mayor restricción del pronóstico es la falta de estudios de monitoreo en puntos comparativos, que describan toda la gama de características del volcán. La interpretación de los puntos comparativos permite la diferenciación del modelo preliminar de una erupción actual de otra actividad volcánica; por ejemplo, intrusión de magma debajo de la superficie, lo cual se llama a veces "erupción abortada". Antes de la erupción de El Chichón en 1982, poco se conocía de su historia, la cual incluía frecuentes y violentas erupciones. No se condujo ningún tipo de monitoreo antes o durante la breve erupción.

Los países en desarrollo sufren las mayores pérdidas económicas en las erupciones volcánicas. Los países en desarrollo han sufrido más del 99% de las muertes causadas por erupción, desde 1900. La falta de observación debido a escasez de fondos y de personal especializado es también sumamente grave en estos países.

## **Factores contribuyentes a la vulnerabilidad**

Los fértiles suelos volcánicos y los pintorescos terrenos atraen a la gente a instalarse en las faldas de los volcanes. Estas personas son más vulnerables si viven en lugares ubicados "a favor del viento" o en el paco de canales activos históricamente de corrientes de lodo o lava o cerca de canales con posibilidad de inundarse a causa de los embanques. Las estructuras cuyos diseños de techos no resisten la acumulación de cenizas son también vulnerables aún a kilómetros de distancia del volcán. **Todos** los materiales combustibles corren riesgo.

## **Efectos adversos típicos**

### *Víctimas y salud*

Se espera que ocurran muertes causadas por flujos piroclásticos y de lodo y en mayor escala de ríos de lava y gases tóxicos. Pueden ocurrir lesiones por el impacto de fragmentos de rocas que caen y al quedar enterrados en el lodo. Las quemaduras de la piel y los problemas de las vías respiratorias y pulmones pueden ser resultado de exposición al vapor y nubes de polvo caliente. La caída de cenizas y gases tóxicos pueden causar dificultades respiratorias en la gente y en los animales. Los gases no tóxicos de densidad mayor que el aire, tales como anhídrido carbónico, pueden ser peligrosos cuando se acumulan en las zonas bajas. El abastecimiento de agua contaminado con cenizas puede contener productos químicos tóxicos y causar enfermedades. También han ocurrido muertes por inanición a causa de la erupción y de las olas tsunámicas.

*Con el propósito de alertar 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.*

### RESPUESTA (de la página 41)

La caída de cenizas, flujos piroclásticos, lahars, ríos de lava, descarga de gases volcánicos y tsunamis son todos eventos amenazantes relacionados a erupciones volcánicas.

### *Asentamientos, infraestructura y agricultura*

Debe esperarse la destrucción completa de todo lo que se encuentra al paso de los flujos piroclásticos, de los aludes de lodo o lava, incluyendo la vegetación, tierra agrícola, asentamientos humanos, estructuras, puentes, caminos y otro tipo de infraestructura. Las estructuras suelen derrumbarse bajo el peso de la ceniza especialmente cuando está húmeda. La ceniza que cae puede estar muy caliente y causar incendios. Las inundaciones suelen ocurrir debido al rebalse de los canales con depósitos volcánicos o a causa del derretimiento de grandes cantidades de nieve o hielo glacial. Los **nos** pueden cambiar su curso debido al exceso de sedimentación. La lluvia de cenizas puede destruir los sistemas mecánicos obstruyendo por ejemplo **las** aperturas de los sistemas de irrigación, motores de aviones y otro tipo **de** motores. Los sistemas de comunicación se interrumpen a causa de las tormentas eléctricas que se desarrollan en las nubes de cenizas. El transporte aéreo, terrestre y marítimo también se ve afectado. La interrupción del tráfico aéreo debido a grandes erupciones de ceniza puede tener graves efectos en la respuesta de emergencia.

### *Cultivos y abastecimiento de alimentos*

Los cultivos en el paso de los flujos piroclásticos, aludes de lodo o lava serán destruidos y la lluvia de ceniza deja temporalmente inutilizable la tierra agrícola. La carga pesada de ceniza quiebra las ramas de los árboles de frutos frescos o secos. El ganado puede sufrir debido a la inhalación de gases tóxicos o ceniza. La ceniza que contiene productos químicos tóxicos, tales como fluoruro puede contaminar las tierras de pastura.

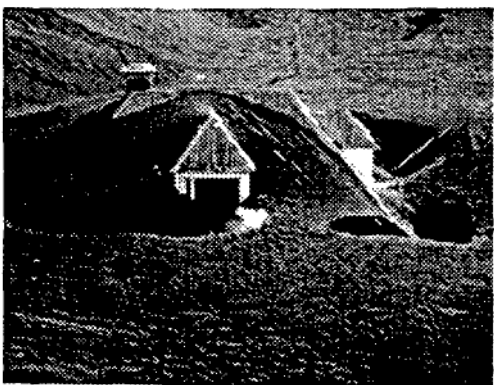
### **Medidas posibles de reducción de riesgo**

**Planificación a largo plazo** — Para planificar a largo plazo los asentamientos humanos cerca de áreas volcánicas, es esencial tener conocimiento de la amenaza volcánica. Mediante el estudio de la historia del volcán, se pueden preparar mapas de amenaza que ilustren las zonas alrededor de cada volcán donde existe riesgo a la vida y a la propiedad. Estos mapas son de gran utilidad como parte de la evaluación de la amenaza ya que describen la información pertinente en forma resumida y comprensible para quienes toman las decisiones, los planificadores y los científicos.

**Medidas de protección** — Las siguientes medidas de protección deben tomarse con objeto de ofrecer protección temporal o permanente contra los fenómenos destructivos específicos.

*Casa en Heimaey enterada por la ceniza, pero el techo sigue intacto debido al sólido diseño e inclinación.*

Volcanic Emergency Management; U.N., 1985.



### *Protección contra lluvia de cenizas*

- Proteger *los* edificios usando techos resistentes a cenizas. Los techos deben tener la resistencia suficiente para soportar el peso de la ceniza. Los techos inclinados facilitan la remoción de la ceniza. **Se** aconseja usar láminas metálicas incombustibles, las cuales se pueden usar para cubrir ventanas y así protegerse de las partículas más grandes. Es crucial que la ceniza *se* remueva periódicamente de los techos para prevenir su derrumbe.
- Usar una máscara filtradora sobre la nariz y la boca para no respirar el polvo. Una tela fina puede proteger las aperturas de los



### ***Asentamientos, infraestructura y agricultura***

Debe esperarse la destrucción completa de todo lo que se encuentra al paso de los flujos piroclásticos, de los aludes de lodo o lava, incluyendo la vegetación, tierra agrícola, asentamientos humanos, estructuras, puentes, caminos y otro tipo de infraestructura. Las estructuras suelen derrumbarse bajo el peso de la ceniza especialmente cuando está húmeda. La ceniza que cae puede estar muy caliente y causar incendios. Las inundaciones suelen ocurrir debido al rebalse de los canales con depósitos volcánicos o a causa del derretimiento de grandes cantidades de nieve o hielo glacial. Los ríos pueden cambiar su curso debido al exceso de sedimentación. La lluvia de cenizas puede destruir los sistemas mecánicos obstruyendo por ejemplo las aperturas de los sistemas de irrigación, motores de aviones y otro tipo de motores. Los sistemas de comunicación se interrumpen a causa de las tormentas eléctricas que se desarrollan en las nubes de cenizas. El transporte aéreo, terrestre y marítimo también se ve afectado. La interrupción del tráfico aéreo debido a grandes erupciones de ceniza puede tener graves efectos en la respuesta de emergencia.

### ***Cultivos y abastecimiento de alimentos***

Los cultivos en el paso de los flujos piroclásticos, aludes de lodo o lava serán destruidos y la lluvia de ceniza deja temporalmente inutilizable la tierra agrícola. La carga pesada de ceniza quiebra las ramas de los árboles de frutos frescos o secos. El ganado puede sufrir debido a la inhalación de gases tóxicos o ceniza. La ceniza que contiene productos químicos tóxicos, tales como flúor puede contaminar las tierras de pastura.

### **Medidas posibles de reducción de riesgo**

Planificación a largo plazo — Para planificar a largo plazo los asentamientos humanos cerca de áreas volcánicas, es esencial tener conocimiento de la amenaza volcánica. Mediante el estudio de la historia del volcán, se pueden preparar mapas de amenaza que ilustren las zonas alrededor de cada volcán donde existe riesgo a la vida y a la propiedad. Estos mapas son de gran utilidad como parte de la evaluación de la amenaza ya que describen la información pertinente en forma resumida y comprensible para quienes toman las decisiones, los planificadores y los científicos.

Medidas de protección — Las siguientes medidas de protección deben tomarse con objeto de ofrecer protección temporal o permanente contra los fenómenos destructivos específicos.

*Casa en Heinzaey enterada por la ceniza, pero el techo sigue intacto debido al sólido diseño e inclinación.*

Volcanic Emergency Management; U.N., 1985.



### ***Protección contra lluvia de cenizas***

- Proteger los edificios usando techos resistentes a cenizas. Los techos deben tener la resistencia suficiente para soportar el peso de la ceniza. Los techos inclinados facilitan la remoción de la ceniza. Se aconseja usar láminas metálicas incombustibles, las cuales se pueden usar para cubrir ventanas y así protegerse de las partículas más grandes. Es crucial que la ceniza se remueva periódicamente de los techos para prevenir su derrumbe.
- Usar una máscara filtradora sobre la nariz y la boca para no respirar el polvo. Una tela fina puede proteger las aperturas de los

motores. Los grifos de agua para incendio deben protegerse para que no queden enterrados bajo las cenizas.

### ***Protección contra descarga volcánica y flujos piroclásticos***

En áreas propensas a descargas y corrientes la destrucción será casi total. La única protección efectiva contra estos fenómenos es la evacuación del área.

### ***Protección contra aludes de lodo***

- a) Planear **rutas** de evacuación para escapar a tierras altas.
- b) Levantar barreras para desviar los aludes de lodo fuera de los asentamientos.
- c) Bajar el **nivel** de las aguas de los embalses o lagos en el paso de las corrientes para acomodar el volumen de las corrientes.
- d) Construir malecones o canales a lo largo de las riberas de los ríos para desviar la corriente.
- e) Construir presas de contención para prevenir el descenso de piedras grandes
- f) Construir asentamientos en base no permanente en el paso de corrientes de barro conocidas o pronosticables.

### ***Protección contra ríos de lava***

- a) Planear rutas de evacuación para escapar a tierras altas.
- b) Levantar barreras contra lava.
- c) Con bombardeos aéreos se han interrumpido los ríos de lava, pero históricamente se ha comprobado que son ineficientes y se corre el riesgo de desviar la lava en direcciones no intencionadas.
- d) Enfriar la lava regándola con grandes cantidades de agua.  
(Esta estrategia, aunque costosa, fue efectiva en Islandia para salvar un pueblo costero).
- e) Construir asentamientos temporales donde se sabe que han habido y donde se puede pronosticar el paso de aludes de lodo.

**Nota:** Estas estrategias están llenas de peligros y costos que tal vez no sean prácticos en muchos países. De modo que la única protección real contra los ríos de lava es la evacuación.

*P.* ¿Qué medidas específicas de mitigación son apropiadas para usar contra amenazas volcánicas?

*R.* \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



*Debido a que a menudo hay un largo período entre los sucesos volcánicos, los funcionarios de gobierno y los geocientíficos se enfrentan a desafíos especialmente difíciles pero necesarios al tener que aumentar el conocimiento del público respecto a las amenazas volcánicas y su potencial.*

**RESPUESTA (del la página 45)**

La planificación del uso de la tierra y algunas medidas de protección pueden ayudar a reducir el daño debido a las erupciones volcánicas. Debe recordarse que las medidas de protección son a menudo peligrosas, costosas y no siempre dan resultados positivos. La mejor protección para la vida humana y de otro tipo es la evacuación.

## Medidas preparativos específicas

### *Vigilancia volcánica*

La década pasada aportó la modernización de instrumentos, recopilación y transmisión de información, y el análisis de datos para la monitoría volcánica y pronóstico de las erupciones. Estos métodos incluyen:

1. Monitoría sísmica — ubicación precisa de los terremotos asociados con movimiento de magma.
2. Estudios geodésicos — uso de instrumentos de alcance a rayos láser y medidores de inclinación electrónicos para medir cambios en las laderas y distancias del volcán inducidos por el movimiento del magma.
3. Estudios de emisión de gases — para medir el tipo y cantidad de gas que escapa de un volcán.
4. Estudios geoeléctricos y geomagnéticos — para medir propiedades- cambios eléctricos y magnéticos asociados con el movimiento de magma.
5. Estudios a base espacial — uso de satélites para medir cambios en laderas y distancia y emisiones y trayectoria de gases y cenizas.

No todas las técnicas de monitoría deben ser costosas o altamente sofisticadas. Por ejemplo, a través de pequeñas fracturas en el Monte Santa Elena se realizaron medidas manuales pudiéndose pronosticar exitosamente erupciones a causa de acumulación en la cúpula.

Se pueden llevar a cabo repetidas y cuidadosas observaciones de terreno para detectar señales de cambio tales como:

- Sonidos sordos audibles y estremecimiento de la tierra, indicación de aumento en la actividad sísmica
- Esponjamiento o levantamiento de la estructura volcánica, cambios en el terreno de la ladera
- Aumento en la descarga o aumento de la temperatura en las aguas termales y fumarolas
- Derretimiento de nieve o hielo en el volcán
- Vegetación marchita en las laderas del volcán
- Olores poco comunes, por ejemplo olor a azufre

### *El 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 amenazantes; 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 planifican las respuestas de emergencia
- Identificación de zonas de refugio seguro a las cuales será evacuada la población en caso de una erupción peligrosa



- Identificación de rutas de evacuación, y mantenimiento y autorización para usar aquellas rutas
- Identificación de puntos de reunión para las personas que esperan transporte para la evacuación
- Medios de transporte y control del tráfico
- Cobijo y acomodaciones en la zona de refugio
- inventario del personal y equipo para búsqueda y salvamento
- Servicios hospitalarios y médicos para el tratamiento de las personas heridas
- Protección de las zonas evacuadas
- 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

### ***Entrenamiento y participación de la comunidad***

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

- Modernización constante de las técnicas de monitoría 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.

*P. ¿Cuáles son las tres medidas básicas para los preparativos en caso de erupciones volcánicas?*

*R.* \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



### Aquino inicia campaña para sacar provecho de la ceniza

Reuters

MANILA — Los artefactos hechos de ceniza arrojada por el Monte Pinatubo serán regalos ideales para la Navidad, sugirió el lunes la Presidenta Corazón C. Aquino. Como inicio de su programa “Dinero por Ceniza” para ayudar a las víctimas de erupciones volcánicas, la Sra. Aquino instó a las compañías a que compraran los recuerdos. “Se que muchas corporaciones ya han pensado en lo que darán esta Navidad” agregó ella, “Espero que encontrarán aquí algunos objetos interesantes”.

Un grupo de compañías filipinas se han unido al gobierno en la producción de objetos de cerámica y vajilla, así como también en materiales de construcción de la ceniza y rocas arrojada por el volcán, del cual han muerto más de 400 personas desde junio, fecha en que comenzaron las erupciones.

El volcán ha emitido ceniza continuamente desde que empezó su actividad después de 600 años.

### Necesidades típicas posteriores al 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.

La respuesta secundaria de parte de las autoridades locales comprende la reubicación de las víctimas y la entrega de ayuda financiera para el reemplazo de las viviendas, agricultura y pequeños comerciantes. Cuando ocurren desastres volcánicos ocasionalmente se requiere de refugio temporal pero, más a menudo, como en caso de volcanes grandes como el Ruiz, Pinatubo y Monte Santa Elena, 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. También debe enfatizarse el restablecimiento de la infraestructura y comunicaciones que han sido dañadas o interrumpidas.

La limpieza de la ceniza es un paso importante en el proceso de recuperación. La ceniza volcánica es un material excelente como cimiento para caminos, pistas de despeque y sitios para construcción.

## ■ ESTUDIO DE CASO

### *Nevado del Ruiz, Colombia, 1985*

En la tarde del 13 de noviembre de 1985, empezó una erupción relativamente pequeña en la cima del Nevado del Ruiz, pico de 5.389 metros cubierto por un glaciar, el volcán más activo en el norte de la Cordillera de los Andes. El material caliente despedido, junto con la nieve y el hielo derretidos, formó varios aludes de lodo que descendieron rápidamente hacia los empinados valles matando a más de 22.000 personas, casi toda la población del pueblo de Armero. Además; 5.000 personas quedaron heridas, 10.000 quedaron sin casa y los daños resultaron en pérdidas de mil millones de dólares. La catástrofe del Ruiz ha sido el peor

desastre volcánico en el registro de la historia de Colombia, y el peor en el mundo desde la erupción del Monte Pelee en 1902. La erupción y los aludes de lodo no debieron haber sido sorpresas ya que el Ruiz tiene una historia de erupciones volcánicas. Por lo menos diez sucesos de magnitud y varios más pequeños han ocurrido en los últimos 4000 años. El pueblo de Armero fue construido sobre ríos de lodo , producidos en 1595 por la última erupción de gran magnitud. En 1845, otros aludes de lodo atravesaron Armero donde murieron 1.000 personas.

*(continúa en la próxima página)*



## ■ ESTUDIO DE CASO (continuación)

### *Nevado del Ruiz, Colombia, 1985*

Aunque este caso todavía está siendo investigado, la verdad tal vez nunca se sepa. Los eventos sucedieron aproximadamente de la siguiente manera:

**Noviembre de 1984** — Se notaron señales de erupción preliminar.

**Comienzos de 1985** — UNDRRO hizo esfuerzos para aumentar la vigilancia volcánica.

**Verano de 1985** — Se formó un "Comité de Riesgo Volcánico del Ruiz" y se inició una monitoría sísmica rudimentaria.

**11 de Septiembre de 1985** — Una profunda erupción produjo una lluvia de cenizas y el flujo de ciertas eyecciones.

**28 de Septiembre** — El Arzobispo de Armero y un médico local denunciaron que la alarma ante las amenazas potenciales del Ruiz eran antisociales e irresponsables.

**7 de Octubre** — Se completó un borrador preliminar de un mapa de la zona de amenaza volcánica del Ruiz.

**Mediados de Octubre** — Se estableció una red de monitoría de sismómetros y medidores de inclinación; Científicos colombianos discutieron el mapa de amenaza con los funcionarios y les dieron información respecto a las amenazas potenciales.

**13 de Noviembre** —

15,05 Comienzan las erupciones.

16,00 Se da la alerta, pero no es claro si Armero recibió el llamado a evacuar. Se dificulta la evacuación parcial de los residentes debido a la lluvia y la llegada de la noche y creen que es innecesaria.

21,00 Fuertes explosiones ocurren pero no son descritas adecuadamente al público y son recibidas con escepticismo.

23,00 Los aludes de lodo comienzan a invadir las áreas pobladas.

Una de las noticias más tranquilizadoras de esta historia es el hecho de que el Ruiz sólo arrojó más o menos el 3% del volumen de ceniza producido por el Monte Santa Elena durante su erupción de 1980, en la cual murieron 60 personas. Un importante factor contribuyente al desastre lo constituyó la población extremadamente densa del área.

**¿Qué** posibles conocimientos nos revela esta historia respecto a los preparativos de emergencia en caso de amenazas volcánicas?

1. Pareciera que la población local recibió mensajes contradictorios respecto a la amenaza potencial de parte de funcionarios gubernamentales y de otras personas influyentes.
2. A pesar de los excelentes esfuerzos para monitorear el volcán, cuando llegó el momento crítico después de la primera explosión, los avisos al público no fueron oportunos ni decisivos. La naturaleza de la amenaza y su perspectiva histórica no se han esclarecido.
3. En áreas densamente pobladas, aún las erupciones más pequeñas pueden causar una amplia devastación.

**¿Cómo** se pueden abordar estos problemas con objetivos de planificación?

1. Los programas de educación y participación de personas influyentes de la comunidad en programas de preparación y mitigación en caso de desastres sirven para promover la cooperación y conocimientos científicos de los efectos que tienen las erupciones volcánicas.
2. Los procedimientos de aviso y evacuación deberían divulgarse en forma clara y se debería promover el entendimiento de que los avisos deben tomarse en serio. Una falsa alarma debe ser reconocida como un intento de salvar vidas y no como desperdicio de tiempo.
3. En lugares donde volcanes activos amenacen a grandes poblaciones, los esfuerzos deben centrarse en las medidas de preparación y reducción de riesgo y especialmente en la monitoría extensa de la actividad volcánica y la interpretación de la información entregada al público.

## Referencias

- Dicacter Management Center, Natural Hazards: Causes and Effects, University of Wisconsin, Madison, Wisconsin, 1986.
- Earthquakes and Volcanoes, **U.S.** Geological Survey, Vol. 18, No. 1, 1986.
- Erikson, Jon, Volcanoes and Earthquakes, Tab Books, Blue Ridge Summit, **PA**, 1988.
- OAS/DRDE, Primer on Natural Hazard Management in Integrated Regional Development Planning, Washington, D.C., 1991.
- Tilling, Robert I., Eruptions of Mount **St. Helens**: Past, Present and Future, U.S Geological Survey, Washington, D.C., 1987.
- Tilling, Robert I., "Volcanic Hazards and Their Mitigation: Progress and Problems", *Reviews of Geophysics*, 27, 2/May 1989, pages 237-269.
- UNDRO, Mitigating Natural Disasters, Phenomena, Effects and Options, United Nations, 1990.
- UNDRO, Volcanic Emergency Management, United Nations, New York, 1985.
- Wood, Robert Muir, Earthquakes and Volcanoes, Weidenfeld and Nicolson, New York, 1987.

### *RESPUESTA (de la página 47)*

Las tres medidas básicas para los preparativos en caso de erupciones volcánicas son: **Monitoría del volcán, desarrollo de planes de emergencia volcánica y entrenamiento y participación de la comunidad.**



## 1.4

## DESGLIZAMIENTOS DE TIERRA

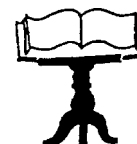
Esta sección se ha diseñado para aumentar su entendimiento de:

- las fuerzas que causan los deslizamientos de tierra
- los diferentes tipos de deslizamientos de tierra y sus efectos
- métodos para reducir la vulnerabilidad de los asentamientos humanos ante deslizamientos de tierra

### Introducción

Cada año los deslizamientos de tierra representan una grave amenaza a los asentamientos humanos e infraestructura. "Deslizamientos de tierra" es un término general que cubre una amplia variedad de formas de tierra y procesos relacionados al movimiento de descenso del suelo y roca por la influencia de la gravedad. Aunque a veces ocurren conjuntamente con terremotos, inundaciones y volcanes, están mucho más diseminados que aquellas amenazas y con el tiempo causan más daño a la propiedad que cualquier otro evento geológico.

### DESGLIZAMIENTOS DE TIERRA



### HOJA INFORMATIVA DE AMENAZA DE DESGLIZAMIENTO DE TIERRA

#### Deslizamientos de tierra más graves del siglo XX

Año	Ubicación	Causa	Muertes	Daño
1920	China	terremoto	100.000	NA
1938	<b>Kobe</b> , Japón	precipitaciones	450-600	130.000 hogares
1949	Tadzjikistán	terremoto	12-20.000	destruyó 33 aldeas
<b>1963</b>	Italia	desprendimiento rocas	2-3.000	destruyó 5 aldeas
<b>1964</b>	Alaska. E.U.A.	terremoto	ninguna	US\$180 millones
1980	California, E.U.A.	precipitaciones	ninguna	US\$500 millones
1985	Colombia	erupción volcánica	22.000	US\$230 millones

#### Pérdida anual por deslizamientos de tierra y aludes de lodo

Estados Unidos	US\$1-1.5 mil millones (incluyendo costo indirecto)
Italia	US\$1.1 mil millones
Japón	US\$1-1.5 mil millones
India	US\$1 mil millones

**Fuente** : Schuster y Flemming, p.321-325, PNUMUNESCO



### Fenómenos causales

Los deslizamientos de tierra ocurren como resultado de cambios, súbitos o graduales, en la composición, estructura, hidrología o vegetación de una ladera. Estos cambios puede ser causados por:

**Vibraciones** por terremotos, explosiones, maquinaria, tráfico y truenos. Algunos de los deslizamientos de tierra más desastrosos han sido provocados por terremotos.

**Cambios en el contenido del agua** causado por copiosas precipitaciones y subida de los niveles del agua subterránea.

**Remoción del apoyo lateral** causado por erosión, falla previa de la ladera, construcción, excavación, deforestación o pérdida de vegetación estabilizadora.



Oxfam, UNDRONEWS, Mayo/Junio, 1984.

**Exceso de peso** de lluvia, granizo, nieve, acumulación de piedras sueltas o material volcánico, acumulaciones de roca, acumulación de desechos y peso de edificaciones y vegetación.

**Desgaste** y otras acciones físicas o químicas pueden disminuir la fuerza de las rocas y del suelo con el tiempo.

Los deslizamientos de tierra en áreas urbanas son a menudo inducidos por *acciones humanas*:

- Interrupción del curso de las aguas y cambios en el agua potable.
- Nuevas construcciones en las cuales se usan métodos de “desmonte y terraplén”, los cuales perjudican la estabilidad de la ladera.

*P.* De la lista anterior, ¿cuáles son las causas de deslizamientos de tierra más notables en su comunidad? ¿Qué tipo de información puede usted usar para responder esta pregunta?

*R.* \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



### Características generales

Los deslizamientos de tierra ocurren usualmente como efecto secundario de intensas tormentas, terremotos y erupciones volcánicas. Los materiales que componen los deslizamientos de tierra se dividen en dos clases, lecho de roca o suelo (tierra y materia de desecho orgánico). Un deslizamiento de tierra se puede clasificar por su tipo y movimiento:

**Rodados** — Un rodado *es* una masa de roca u otro material que se descende por medio de una caída o rebote en el aire. Estos son más comunes a lo largo de caminos empinados o terraplenes ferroviarios, acantilados empinados o arrecifes socavados escarpadamente, especialmente en las regiones costeras. Una sola roca grande puede causar grave daño.



**Deslizamientos** — Resultan de fallas de corte (resbalamiento) a lo largo de una o vanas superficies, el material deslizado puede quedar intacto o puede romperse.

**Derrumbe** — Un derrumbe se debe a las fuerzas derribadoras que causan la rotación de la roca fuera de su posición original. La parte rocosa puede haberse estacionado en un ángulo inestable, balanceándose en un punto de giro del cual se inclina o rueda hacia adelante. Un derrumbe tal vez no contenga mucho movimiento y no necesariamente provoca una caída o desprendimiento de rocas.

**Propagación lateral** — Grandes bloques de tierra se propagan horizontalmente fracturándose de su base original. La propagación lateral generalmente ocurre en pendientes suaves, usualmente de menos de 6 por ciento y típicamente se propagan 3 a 5 metros, pero pueden moverse desde 30 a 50 metros donde las condiciones sean favorables. En el caso de propagación lateral usualmente hay rompimiento interno, formándose numerosas grietas y acantilados. El proceso puede ser causado por licuefacción donde la arena o el sedimento suelto y saturado asume un estado licuado. Usualmente ocurre por el estremecimiento del suelo (p.ej., un terremoto). Durante el terremoto de 1964 en Alaska, se destruyeron o dañaron más de 200 puentes por la propagación lateral de los depósitos de llanos inundables cerca de canales fluviales.

**Aludes** — Los aludes avanzan como un líquido viscoso, a veces muy rápido y pueden cubrir varios kilómetros. No es necesario la presencia del agua para que se produzca el alud, sin embargo, la mayoría de los aludes se forman después de períodos de intensas lluvias. Un alud de lodo contiene por lo menos 50 por ciento de arena, sedimentos y partículas de arcilla. Un *lahar* es un alud de lodo que se origina en la pendiente de un volcán y que puede ser activado por las lluvias, por repentino derretimiento de nieve o glaciales, o por el agua que fluye de lagos de cráteres. Un *forrentede*

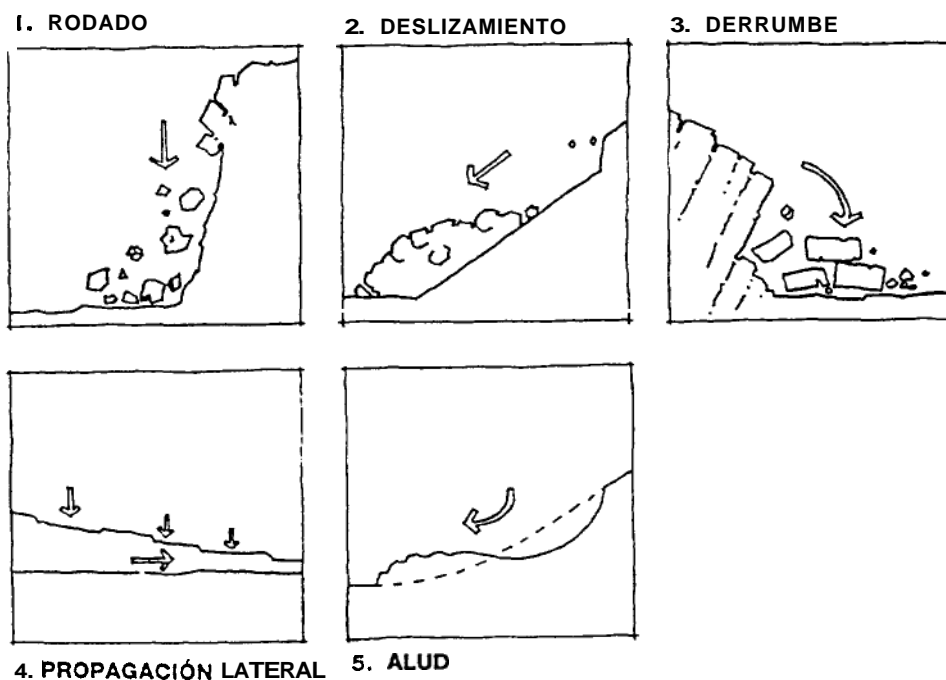


Figura 1.4.1

Tipos de deslizamientos de tierra

*eyecciones* es una mezcla acuosa de tierra, rocas y materia orgánica combinada con aire y agua. Los torrentes de eyecciones ocurren usualmente en barrancos empinados. Los aludes muy lentos, casi imperceptibles de tierra y lechos de rocas se llaman *movimientos paulatinos*. Durante largos períodos de tiempo los movimientos paulatinos del terreno pueden causar la caída de postes telefónicos y otros objetos.

### Capacidad de pronóstico

La velocidad de los deslizamientos de tierra varía desde extremadamente lentos (<.06 metros/año) a extremadamente rápidos (>3 metros/segundo), lo cual podría implicar una variación **similar en su** capacidad de pronóstico. En términos absolutos, sin embargo, **es** muy difícil pronosticar el suceso real de un deslizamiento de tierra, aunque las situaciones de alto riesgo — abundantes lluvias pronosticadas o actividad sísmica combinada con la susceptibilidad de deslizamientos de tierra — puede conducir a la estimación de un período de tiempo y consecuencias posibles.

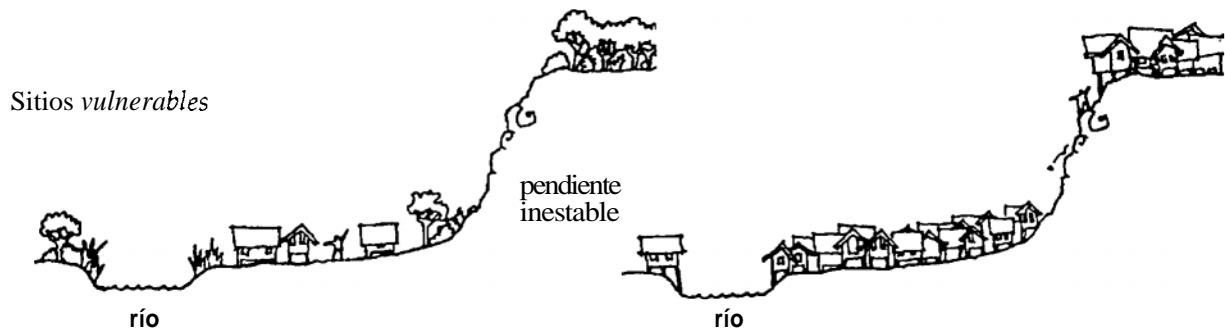
Para estimar una amenaza potencial de deslizamiento de tierra es necesario tener información histórica sobre la geología, geomorfología (estudio de las formas de la tierra), hidrología y vegetación de un área específica.

Geología — Dos aspectos de la geología son importantes en la evaluación de la estabilidad de la tierra y pronóstico de deslizamientos de tierra.

- 1) *Litología* — el estudio de las características de la roca tales como su composición, textura y otros aspectos que **influyen** su comportamiento. Estos atributos determinan la fuerza, permeabilidad, susceptibilidad a desgastes químicos y físicos y otros factores que afectan la estabilidad de la ladera.
- 2) *Estructura de la roca y suelo* — Los aspectos estructurales que pueden afectar la estabilidad incluyen la secuencia y tipo de estrato, cambios litográficos, planos, grietas, fallas y pliegues.

Geomorfología — La consideración geomorfológica más importante en el pronóstico de deslizamientos de tierra es la historia de estos en un área determinada. *Otros* factores importantes son la pendiente de una ladera en relación a la fuerza de los materiales que la forman y el aspecto de la ladera, o la dirección hacia donde enfrenta la ladera y su curvatura.

Hidrología y climatología — Es posible estudiar la fuente, movimiento, cantidad de agua y presión del agua. Los patrones climáticos combinados con el tipo de suelo suelen causar diferentes tipos de deslizamientos de tierra. Por ejemplo, un monzón en regiones tropicales puede causar grandes desplazamientos de eyecciones de suelo, rocas y materia orgánica.



**Vegetación** — Las plantas en las pendientes pueden tener efectos de estabilización positivos o negativos. Las raíces pueden afectar el escurrimiento de agua y aumentar la cohesión del suelo o, a la inversa, pueden aumentar las fracturas en las superficies rocosas, promoviendo la infiltración.

## Factores contribuyentes a la vulnerabilidad

Son vulnerables todos los asentamientos construidos en laderas empinadas, suelo débil, cima de acantilados, en la base de pendientes empinadas, en conos donde se acumula material aluvional fuera del cauce o en la boca de arroyos emergentes de valles montañosos. Los caminos y otras líneas de comunicación a través de zonas montañosas corren peligro. En la mayoría de los diferentes tipos de deslizamientos de tierra puede ocurrir daño a las edificaciones aún cuando sus cimientos han sido reforzados. También son vulnerables los elementos infraestructurales tales como servicios públicos enterrados y tuberías frágiles.

## Efectos adversos típicos

### *Daño físico*

Todo lo que se encuentre sobre o en el paso de los deslizamientos de tierra sufrirá grave daño o destrucción total. Además, las piedras pueden dañar las líneas de comunicación o bloquear los caminos. Las vías fluviales se bloquean creando el riesgo de inundación. Las víctimas no suelen ser muchas, excepto en el caso de movimientos masivos debido a amenazas más graves tales como terremotos o volcanes.

Además del daño directo de los deslizamientos de tierra, también ocurren efectos negativos indirectos. En estos se incluye:

- pérdida de la productividad agrícola o forestal (si se sepultan)
- reducción del valor de la propiedad en zonas de alto riesgo y pérdida de ingresos tributarios a causa de esta devaluación
- efectos adversos en la calidad del agua de los arroyos e instalaciones de riego
- efectos físicos secundarios tales como inundaciones.

### *Víctimas*

Han ocurrido desgracias debido a la falla de la pendiente donde las presiones de la población ha impulsado la formación de asentamientos en áreas vulnerables a deslizamientos de tierra. Las víctimas resultan del derrumbe de edificaciones o sepultados por los escombros de los deslizamientos de tierra. Aproximadamente **600** muertes ocurren cada año en el mundo, especialmente en la región circumpacífica. Se estima que la pérdida de vidas por año en Estados Unidos es mayor que la pérdida promedio causada por los terremotos. Catastróficos deslizamientos de tierra han causado la muerte de miles de personas, como fue el caso del deslizamiento de eyecciones en las laderas del Huscarán en Perú provocado por un terremoto en 1970, en el cual murieron 18.000 personas.



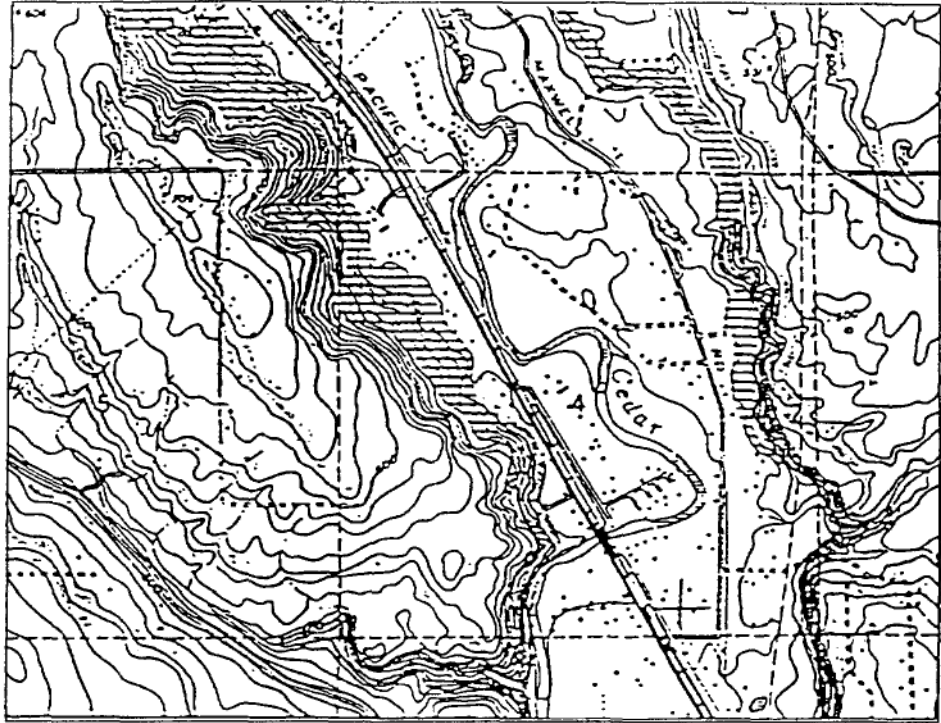
*Todo lo que se encuentre sobre o en el paso de los deslizamientos de tierra sufrirá grave daño o destrucción total.*



Figura 1.4.2

*Detalle de una mapa que muestra la estabilidad relativa de la pendiente en parte de la región centro-occidental del Condado de Kin, Washington, E. U.A.*

"Mitigating Natural Disasters: Phenomena, Effects and Options" UNDRP. Ginebra, 1991.



### Medidas posibles de reducción de riesgo

*La forma más eficiente de reducir el daño causado por deslizamientos de tierra es situar los proyectos de desarrollo en terreno estable, utilizando las áreas susceptibles a deslizamientos de tierra como espacio abierto o para actividades de poca intensidad, tales como parques o pastizales.*

#### *Preparación de un mapa de amenaza de deslizamientos de tierra*

Antes de llevar a cabo medidas para reducir el riesgo, es necesario localizar las áreas propensas a fallas de pendientes. El mapa de amenaza de deslizamientos de tierra permite a los planificadores determinar el nivel de riesgo y tomar decisiones para evitar, prevenir o mitigar las amenazas existentes o futuras de deslizamientos de tierra. Los planificadores tienen acceso a técnicas razonablemente precisas para mapear las pendientes de zonas amenazantes. Estas técnicas se basan en historia pasada, mapas topográficos, información del lecho de rocas y fotografía aérea. Se pueden usar varios tipos de formatos de cartografía, pudiendo suplementarse estos mapas con información adicional como por ejemplo la proximidad a zonas de terremotos, socavado local causado por ríos o drenaje deteriorado.

En Francia, el plan ZERMOS (Zonas Expuestas a Riesgos de Movimientos del Suelo y Subsuelo) produce mapas de amenazas de deslizamientos de tierra a escalas de 1:25.000 o mayores, los cuales se usan como herramientas para la planificación de mitigación. Los mapas describen el grado de riesgo de diversos tipos de deslizamientos de tierra, incluyendo actividad, velocidad y posibles consecuencias.

*P. ¿Qué información se necesita para la preparación de un mapa de amenaza de deslizamientos de tierra?*

*R.* \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_



### *Regulación del uso de la tierra*

El modo más eficiente para reducir el daño causado por deslizamientos de tierra es situar los proyectos de desarrollo en terreno estable y utilizar las áreas susceptibles a deslizamientos de tierra como espacios abiertos o para actividades de poca intensidad, por ejemplos parques o pastizales. Se debe establecer controles para el uso de la tierra con objeto de prevenir que las áreas amenazantes se usen como asentamientos o para situar estructuras de importancia. Estos controles también deben tener en cuenta la reubicación fuera de las zonas peligrosas, particularmente si ya existen sitios alternativos. Debe restringirse el tipo y la cantidad de edificios que se construyan en áreas de alto riesgo, restringiéndose también las actividades **que** puedan activar un deslizamiento de tierra. En lugares donde la necesidad de tierra es crítica, puede justificarse el uso de métodos de ingeniería costosos para estabiización.

### *Legislación*

Los gobiernos deben asumir la responsabilidad de los gastos de reparación por daño causado por los deslizamientos de tierra así como también los esfuerzos para prevenirlos. En Japón, las actividades de control de deslizamientos de tierra originalmente tenían conexión con la legislación de conservación para el mejoramiento de los ríos, control de erosión y mantenimiento de la tierra agrícola y forestal. En 1969, se dispuso por ley un amplio programa de control dedicado exclusivamente a deslizamientos de tierra, por medio del cual el gobierno asume los gastos de recuperación de desastres naturales de los cuales ningún individuo es responsable.

### *Seguro*

Los programas de seguro pueden reducir las pérdidas producidas por deslizamientos de tierra, al difundir los gastos en bases más amplias y al incluir normas para la selección de sitios y técnicas de construcción. En Nueva Zelandia, un programa de seguro nacional asiste a los individuos cuyos hogares han sido dañados por deslizamientos de tierra u otras amenazas naturales fuera del control de ellos. Se ha acumulado un fondo especial de desastres recargando un programa de seguro contra incendio.

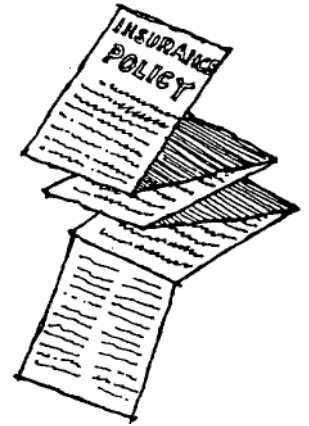
### *Cambios estructurales*

La mayoría de los expertos consideran que reforzar los edificios y la infraestructura ya existente no es una opción viable para mitigar el daño de los deslizamientos de tierra, ya que la vulnerabilidad de las estructuras construidas en el paso de deslizamientos de tierra es de casi 100 por ciento. La selección de opciones mitigadoras depende de:

- El valor de la tierra o estructuras en relación al costo de las medidas de protección.
- Las oportunidades para establecer regulaciones del uso de la tierra y la disponibilidad de sitios alternativos.
- El número de personas afectadas por la intervención.
- La cantidad de daño pronosticada.



*Póliza de seguro*




*La vulnerabilidad de las estructuras construidas en el paso de los deslizamientos de tierra es de casi 100 por ciento.*

Se puede añadir medidas modernas de protección a los sitios, tales como mejoramiento del drenaje del suelo (agregando materiales permeables) y modificación de la pendiente (reducción del ángulo de la pendiente antes de la construcción). Las paredes de concreto sirven para estabilizar sitios posibles. También deben considerarse las obras de ingeniería a gran escala.

*P. ¿Cuáles son las medidas de mitigación básicas aplicables a las amenazas de deslizamientos de tierra?*

*R.* \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

*P. ¿Se practica alguna de estas medidas en su comunidad?*

*R.* \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ 

## **Medidas específicas de preparación**

### *Educación de la comunidad*

Los deslizamientos de tierra más perjudiciales son a menudo aquellos relacionados a la actividad humana. **La** construcción de caminos, viviendas y otro tipo de infraestructura frecuentemente causa deslizamientos de tierra. De este modo las medidas de preparación más eficientes pueden tomarse antes de que la gente ocupe un área vulnerable. Los programas de educación pública sirven para que la gente entienda las causas y efectos de los deslizamientos de tierra, identifiquen áreas inestables y eviten asentarse en ellas. Algunas zonas se pueden estabilizar antes de establecer el asentamiento o deben estar sujetas a estrictas regulaciones del uso de la tierra. En el caso de áreas ya construidas, los procedimientos para estabilizar el terreno, tales como terraplenes y plantación de árboles, pueden tener cierta utilidad **en** reducir el daño, pero las pérdidas no se evitarán completamente.

### **Sistemas de vigilancia, aviso y evacuación**

Las áreas susceptibles a deslizamientos de tierra pueden ser vigiladas para permitir aviso y evacuación oportunos. Entre los métodos de monitoreo se incluye la observación del terreno y uso de inclinómetros, medidores de vibración y cercos eléctricos o trinquetes de alambre. La entrega de información inmediata es esencial **en** lugares donde las caídas de rocas o aludes de eyecciones pueden ocurrir rápidamente. En estos casos, puede ser necesario el uso de medios noticiosos, sirenas y otros sistemas de información de gran alcance. Los sistemas de vigilancia y aviso deben poner en alerta a la población cuando ocurren copiosas lluvias o si sube el nivel del agua.

#### **RESPUESTA (de la página 56)**

La preparación de mapas de amenaza de deslizamientos de tierra requiere información sobre: deslizamientos de tierra anteriores, topografía, información del lecho de rocas y fotografía aérea.



Los programas de educación pública pueden contener descripciones de condiciones climáticas o amenazas que provocan deslizamientos de tierra y las medidas que deben tomarse cuando existen dichas condiciones. Se deben establecer y practicar planes de evacuación, particularmente cuando el riesgo de deslizamientos de tierra está directamente relacionado a una amenaza sísmica, actividad volcánica o de inundación.

### Necesidades de ayuda típicas posteriores al desastre

Las necesidades en el área que sufrirá el impacto directo de un deslizamiento de tierra debe incluir equipo y personal para búsqueda y salvamento y, posiblemente, equipo de remoción de tierra. Tal vez sea necesario contar con refugio de emergencia para las personas cuyos hogares se han perdido o dañado. Es importante consultar a expertos en la evaluación de amenaza de deslizamientos de tierra para determinar si las condiciones de los aludes plantean una amenaza adicional a los rescatadores o residentes.

Los efectos secundarios de los deslizamientos de tierra tales como inundación pueden requerir medidas de ayuda adicional. Si el deslizamiento de tierra está relacionado a un terremoto, volcán o inundación, la ayuda al área afectada por el deslizamiento de tierra será parte del esfuerzo total de la ayuda ante el desastre.

## ■ ESTUDIO DE CASO

### *Deslizamiento de tierra u emergencia de inundación en Valtellina, Norte de Italia, 1987.*

Valtellina, en la provincia de Sondrio entre los Alpes Réticos de Italia del Norte, fue la escena de un deslizamiento de tierra y emergencia de inundación que duró desde el 18 de julio hasta comienzos de septiembre de 1987. Cincuenta y tres personas murieron o no fueron encontradas, por lo menos 110 quedaron heridas y 25.000 fueron evacuadas desde las 40 municipalidades que combinadamente tienen una población de 48.500. El daño y la destrucción han sido evaluados en US\$800 millones en Valtellina. Cinco meses se tardó solamente en reabrir el valle al tráfico de paso. La inundación del Río Adda provocó deslizamientos de tierra y ocasionó víctimas, destrucción y trastornos desde el 18 al 28 de julio, cuando grandes avalanchas de escombros bloquearon el Adda y comenzó a rebalsar un gran lago. Durante el mes siguiente, las autoridades tuvieron que diseñar una estrategia que reduciría el riesgo de rebalse o quebrantamiento de la represa de desperdicios a medida que se eleva el nivel del agua. Hubo necesidad de evacuar los poblados ubicados a 50 kilómetros lago abajo y la descarga del agua rebalsada detrás de una represa hidroeléctrica corriente arriba, con objeto de preparar un canal de escape a través de la barrera de escombros.

La causa principal de los deslizamientos de tierra fue la pendiente inestable del valle. Una causa secundaria de la inestabilidad de la pendiente fue el manejo deficiente del ambiente, principalmente la deforestación, mal manejo de los recursos hidráulicos y exceso de desarrollo de asentamientos y caminos. Estas condiciones determinaron el escenario para el desastre que comenzó con la caída de 290 mm de lluvia entre el 18 y 20 de julio.

Durante la semana siguiente disminuyó el flujo de agua, pero los movimientos masivos de tierra continuaron dañando los caminos y ferrocarriles. El 21 de julio, se identificó una fractura de 1 km de largo 900 metros sobre la superficie del valle, como una zona de riesgo de deslizamientos de tierra. El 28 de julio ocurrió el deslizamiento de Val Pola. Se deslizó como una avalancha de por lo menos 10 millones de metros cúbicos de escombros, con una aceleración de 250 km/hora. El movimiento duró 31 segundos y causó temblores de 3.9 en la escala de Richter.

*(continúa en la próxima página)*



## ■ ESTUDIO DE CASO (continuación)

### *Deslizamiento de tierra y emergencia de inundación en Valtellina, Norte de Italia, 1987.*

El curso del río Adda quedó bloqueado por una barrera de escombros saturados de un tamaño de 9 km, 2800 m de largo y 40 m de profundidad. Se tomó la decisión de instalar en los escombros un túnel de drenaje de 6 m de diámetro además de un vertedero abierto por el cual se pudiera bombear el agua. Sin embargo, fue grande el daño de la caída de escombros que causó inundaciones repentinas colina abajo. El 24 de agosto fue necesario evacuar a los 19.500 residentes de la zona. Las condiciones permanecieron graves durante varios días, pero los

escombros no cedieron y el lago temporal se drenó con el tiempo.

El caso de Valtellina en 1987, fue uno en el cual la fase de emergencia duró casi siete semanas.

durante ese período fue necesario reconciliar dos necesidades. Fue necesario asegurar que se cumpliera con las órdenes de evacuación para la seguridad del público. Para transportar equipo y suministros a la escena de la emergencia, fue necesario mantener acceso a la zona de riesgo.

### Referencias

- Disaster Management Center, Natural Hazards: Causes and Effects, University of Wisconsin, 1986.
- Erickson, Jon, Volcanoes and Earthquakes, TAB books, Blue Ridge Summit, PA., 1988.
- Erley, Duncan and William J. Kockeiman, Reducing Landslide Hazards: A Guide for Planners, American Planning Association, Chicago, 1981.
- Facing Geologic and Hydrologic Hazards, U.S. Geological Survey Professional Paper 1240-B, U.S. Government Printing office, Washington, D.C., 1981.
- Kockelman, William J., "Come Techniques for Reducing Landslide Hazards", Bulletin of the Association of Engineering Geologists, Vol. XXIII, No. 1, 1986, p 29-52.
- Marsh, William M., Environmental Analysis: for Land Use and Site Planning, McGraw-Hill, 1978.
- OAS/DRDE, Natural Hazards Primer, Organization of American States, Washington, D.C., 1990.
- Reducing Losses from Landsliding in the United States, National Academy Press. Washington, D.C., 1985.
- Schuster, Robert L. and Robert W. Fleming, "Socioeconomic Significance of Landslides and Mudflow", U.S. Geological Survey, Denver, Colorado.,
- UNDRO, Mitigating Natural Disasters, Phenomena, Effects and Options, United Nations, New York, 1990.
- UNDRO News, "After Armenia, Tragedy in Tadjikistan," Jan/Feb. 1989.

### RESPUESTA (de la página 58)

Las medidas de mitigación adecuadas incluyen: planificación del uso de la tierra, controles legislativos o garantías, seguros, y en algunos casos, proyectos de ingeniería en sitio.