

Capítulo primero

LA NATURALEZA DE LA AMENAZA VOLCÁNICA

Las erupciones volcánicas son entre los fenómenos naturales los más temidos y respetados. Abundan mitos, leyendas y crónicas como testimonio de su poder destructivo, y el registro geológico muestra que los procesos volcánicos han sido muy importantes a través de la historia de la Tierra. Estos procesos continúan en la actualidad, a menudo con profundos efectos sobre los bienes, la vida humana y su actividad.

En la figura 1 se presenta la distribución de los volcanes en el mundo. Más de 500 de ellos estuvieron activos en épocas históricas. Pero hay muchos cientos de otros, ahora inactivos, que muestran evidencias de actividad eruptiva en el pasado prehistórico cercano. Algunos indudablemente harán erupción de nuevo; han ocurrido erupciones en volcanes que anteriormente se creían extintos. Además, de vez en cuando se forman volcanes completamente nuevos en las zonas volcánicas.

Al material fundido que se encuentra en la corteza terrestre se le llama magma. Esta es una mezcla compleja de silicatos que contienen gases disueltos y a veces minerales cristalizados en suspensión. Cuando este material se desplaza hacia la superficie, la presión confinante disminuye y permite que los gases disueltos hagan efervescencia, empujando el magma hacia arriba a través del conducto volcánico. El grado de violencia de la erupción es determinado principalmente por la cantidad y tasa de efervescencia de los gases y por la viscosidad del magma mismo.

Las erupciones varían ampliamente en magnitud y duración, no sólo de un volcán a otro sino también en el mismo volcán. La frecuencia de las erupciones también es variable, desde volcanes que están casi en continua erupción hasta aquellos que entran en actividad en intervalos de cientos o aun miles de años.

En general, los volcanes de las grandes dorsales (incluidas la Medio-Atlántica y la de Africa oriental o islas medio-oceánicas (tales como Hawaii) producen lava de baja viscosidad que fluye fácilmente y puede esparcirse sobre grandes áreas, bien sea como láminas amplias o como coladas estrechas de considerable longitud. En contraste, los volcanes de las grandes zonas de subducción localizadas alrededor de algunos bordes de continentes, en su mayoría emiten lavas de alta viscosidad que tienden a sobreponerse unas a otras para formar domos, o flujos relativamente cortos pero espesos. Además, la alta viscosidad del magma en este tipo de

volcán permite que se acumulen altas presiones de gas, de tal manera que cuando estas son finalmente liberadas, el gas se expande de manera explosiva y arrastra grandes cantidades de lava fundida o sólida en suspensión. Se observan todos los tipos de erupción, desde la apaciblemente efusiva hasta la violentamente explosiva, dependiendo principalmente de la composición del magma y su contenido de gas.

Los volcanes afectan a las vidas 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 períodos 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 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 que requieran 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 mal interpretados.

No se puede abandonar o prevenir todo asentamiento en las 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 carácter de sus erupciones y 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 («lahares»), fusión de glaciares, terremotos volcánicos y maremotos. En este trabajo se describen sólo aquellos que ocurren súbitamente y afectan a las vidas o bienes, por ejemplo: caídas de cenizas, flujos piroclásticos, flujos de lodo, flujos de lava y maremotos. Las pérdidas de vidas debidas a estos fenómenos en los eventos históricos más desastrosos se dan en el cuadro 1. 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.

CUADRO 1

Desastres volcánicos con mil o más víctimas desde 1700

Volcán	País	Año	Pérdidas de vidas debidas a			
			Flujo piroclástico	Flujo de lodo	Maremoto	Hambre
Awu	Indonesia	1701....		3 000		
Oshima-Oshima	Japón	1741....			1 475	
Cotopaxi	Ecuador	1741....		1 000		
Makian	Indonesia	1760....		2 000		
Papandajan	Indonesia	1772....	2 957			
Laki	Islandia	1783....				9 336
Asama	Japón	1783....	1 151			
Unzen	Japón	1792....			15 188	
Mayón	Filipinas	1814....	1 200			
Tambora	Indonesia	1815....	12 000			80 000 ^a
Galunggung	Indonesia	1822....		4 000		
Mayon	Filipinas	1825....		1 500		
Ruiz	Colombia	1845....		1 000		
Awu	Indonesia	1856....		3 000		
Cotopaxi	Ecuador	1877....		1 000		
Krakatoa	Indonesia	1883....			36 417	
Awu	Indonesia	1892....		1 532		
Soufrière	San Vicente	1902....	1 565			
Monte Pelée	Martinica	1902....	29 000			
Santa María	Guatemala	1902....	6 000			
Taal	Filipinas	1911....	1 332			
Kelud	Indonesia	1919....		5 110		
Merapi	Indonesia	1951....	1 300			
Lamington	Papua Nueva Guinea	1951....	2 942			
Agung	Indonesia	1963....	1 900			
			61 347	23 142	53 080	89 336
Total víctimas			226 905			
Porcentaje			27	10	23	40
Porcentaje excluyendo hambre			45	17	38	

^a Esto es lo estimado en pérdidas de vidas por hambre como resultado directo de la destrucción de cosechas por caídas de ceniza en una gran área de Indonesia. No se incluyen víctimas por hambre en otras partes del mundo debidas a fuertes anomalías climáticas durante el verano de 1816, las cuales fueron atribuidas al «velo de polvo» causado por ceniza volcánica en la estratosfera.

1.1 Caídas de cenizas

CARACTERÍSTICAS

Las erupciones explosivas ocurren cuando el gas se expande súbitamente mientras sale del magma, o cuando el agua superficial o subterránea es vaporizada abruptamente al contacto con magma caliente. El magma es expulsado en forma de fragmentos líquidos y sólidos, que son eyectados hacia arriba desde el cráter para formar una columna o nube de material transportado por el aire, del cual las partículas más finas son arrastradas por el viento. Los fragmentos de gran tamaño caen rápidamente en el área más cercana al volcán y los más pequeños a mayores distancias, mientras que el polvo fino puede ser transportado por el viento a cientos y aun a miles de kilómetros.

Las caídas de cenizas varían ampliamente en volumen e intensidad. El volumen de material piroclástico eyectado y depositado durante algunas grandes erupciones en el pasado ha alcanzado decenas y aun cientos de kilómetros cúbicos, pero eventos de esta magnitud son raros, y durante los tiempos históricos la mayoría de las caídas de cenizas han sido menores en volumen, generalmente de menos de un kilómetro cúbico.

Las caídas de cenizas pueden ocurrir simultáneamente o alternadamente con otros fenómenos eruptivos. A menudo éstas acompañan particularmente a los flujos piroclásticos, y con frecuencia se encuentran cenizas en las capas superiores de depósitos de flujos piroclásticos.

Las caídas de cenizas son, tal vez, el fenómeno eruptivo más común; casi todos los volcanes emiten este tipo de material. En volcanes de bordes oceánicos (zonas de subducción), dichas caídas de cenizas representan una alta proporción de todo el material emitido pero, en contraste, representan sólo una pequeña proporción del material emitido por volcanes medio-oceánicos (zonas dorsales).

EFFECTOS SOBRE LA VIDA Y LOS BIENES

Los efectos de las caídas de cenizas varían ampliamente, dependiendo del volumen del material expulsado y la duración o intensidad de la erupción. Las nubes de polvo y pequeñas partículas suspendidas en el aire pueden permanecer en la atmósfera por períodos prolongados (días o semanas) y se pueden esparcir hasta grandes distancias (cientos o miles de kilómetros). De hecho, material fino derivado de algunas grandes erupciones ha dado la vuelta al mundo a grandes alturas en la atmósfera y ha producido efectos significativos en el clima mundial.

En las zonas vecinas a un volcán en erupción, las caídas espesas de cenizas pueden cubrir las tierras dedicadas a la agricultura, destruyendo las cosechas o inutilizando temporalmente la tierra cultivable (figura 2).

La ceniza que se acumula sobre los techos de las casas puede desplomarse (figura 3). Aun cuando la mayoría de los fragmentos se han enfriado lo suficiente para solidificarse antes de caer al suelo, algunos de ellos pueden estar todavía lo suficientemente calientes como para provocar incendios. El polvo en el aire puede ocasionar problemas respiratorios tanto en el hombre como en los animales. También puede contener sustancias tóxicas como el flúor, que podría contaminar los suministros de agua o envenenar el pasto. A pesar de que las caídas de cenizas a menudo causan perjuicios sobre grandes áreas, nunca en tiempos históricos han sido directamente responsables de pérdidas de vidas, representando una amenaza mucho menos grave que otros fenómenos eruptivos.

EJEMPLOS

En tiempos históricos, espesas y amplias caídas de cenizas han estado asociadas con muchas erupciones, incluidas las del Vesubio (Italia) en los años 79 y 1906, Tambora (Indonesia) en 1815, Krakatoa (Indonesia) en 1883, Paricutín (México) en 1943-52, Hekla (Islandia) en 1947-48 y 1970, Santa Elena (EE.UU) en 1980, El Chichón (México) y Galunggung (Indonesia) en 1982.

Durante el clímax de la erupción del Santa Elena el 18 de mayo de 1980, la columna eruptiva principal subió rápidamente en una serie de pulsos. Alcanzó una altura de más de 18.000 metros en 10 minutos, y de 27.000 metros a los 30 minutos. A medida que salían más y más cenizas en forma de nubes turbulentas, éstas tomaban la dirección del viento, dejando caer gradualmente su carga de partículas del tamaño de la arena o polvo. Seis horas después de iniciarse la erupción, las nubes habían recorrido 400 kilómetros en la dirección del viento, produciendo oscuridad casi total y causando dificultades respiratorias en personas y animales que permanecían a la intemperie. El tráfico en las carreteras se paralizó debido a que los conductores no podían ver las rutas, y los filtros de aire de los motores se bloquearon con polvo fino. El tráfico aéreo corrió una suerte similar, los parabrisas de los aviones fueron esmerilados y en los bordes de ataque de las alas la pintura fue raspada completamente. La comunicación por radio se perdió. En el sector viento abajo del volcán, la nube se extendía lateralmente a medida que se alejaba del volcán, cubriéndolo todo con cenizas, de tal manera que a una distancia de 40 km del volcán había una capa de 7 cm de espesor.

El volumen de cenizas eruptado verticalmente por el Santa Elena durante el clímax del 18 de mayo de 1980 se ha estimado en cerca de un cuarto de kilómetro cúbico de magma. Esta erupción fue pequeña en comparación con la mayor registrada en tiempos históricos, la del Tambora en Indonesia en 1815, la cual emitió varias decenas de kilómetros cúbicos de cenizas y material fragmentado, cargando la estratosfera terrestre con tanto polvo fino que afectó al clima en muchas partes del

mundo. Según reconstrucciones geológicas confiables, las mayores erupciones prehistóricas han sido hasta diez veces mayores que la del Tambora.

1.2 Flujos piroclásticos

CARACTERÍSTICAS

Algunas erupciones explosivas producen detonaciones de gas dirigidas horizontalmente que contienen cenizas y fragmentos mayores en suspensión; éstas son llamadas flujos piroclásticos. Este término se usa en este manual agrupando fenómenos descritos por diferentes autores como avalanchas ardientes, nubes ardientes, flujos de cenizas, flujos de pómez, etc. También cubre varios tipos de oleadas piroclásticas, tales como oleadas de base y oleadas rasantes.

Debido a su alto contenido de polvo y fragmentos de lava, estos flujos son sustancialmente más densos que el aire circundante y se precipitan como avalanchas de nieve o rocas que caen de los flancos de la montaña (fotografía de la portada). Se desplazan a gran velocidad: el gas continúa siendo emitido por los fragmentos más grandes de pómez y cenizas candentes, creando una nube en constante expansión que lleva consigo fragmentos sólidos o semisólidos.

Los vulcanólogos han distinguido y reconocido varios mecanismos de flujo piroclástico. Las avalanchas ardientes son relativamente densas, se desplazan a poca altura y generalmente se confinan a los valles. Las oleadas piroclásticas, al ser de relativa baja densidad, no se confinan tanto a los valles y tienden a cubrir áreas más anchas. Un tercer tipo es la explosión dirigida que desprende grandes volúmenes de material de las laderas superiores del volcán y tiene un ímpetu inicial explosivo, dirigido y balístico, pero más adelante se comporta como una oleada o flujo piroclástico. Las propiedades que caracterizan todos los flujos piroclásticos son su rápido movimiento (más de 540 km/hora en el Santa Elena, 1980), su dirección notablemente horizontal y la alta temperatura (hasta 1.000 °C) del material en suspensión. La alta velocidad y naturaleza coherente del flujo significa que parte del material se deposita cuando aún está muy caliente, incandescente o fundido, formando en este último caso una costra sólida de tobas soldadas. En las laderas inferiores del Santa Elena se registraron temperaturas de los flujos piroclásticos hasta de 700 °C dos días después de su formación.

Los flujos piroclásticos varían ampliamente en volumen, duración y composición. El mayor flujo histórico fue producido por el volcán Katmai en Alaska en 1912, que depositó cerca de 7 km³ de material en lo que se llamó más tarde el Valle de las Diez Mil Chimeneas. Los flujos piroclásticos duran desde unos pocos minutos a varias decenas de

minutos, pero se repiten a intervalos irregulares durante las erupciones y en casos extremos pueden continuar intermitentemente por varios años.

En los volcanes con cráter en la cumbre, los flujos piroclásticos se desprenden principalmente de las partes más bajas del borde del cráter y se canalizan hacia los valles que se originan en él. De aquí que las áreas de mayor peligro se pueden cartografiar en función de la topografía de la montaña y especialmente de la forma del borde del cráter. Los flujos piroclásticos se pueden originar de manera explosiva desde el conducto volcánico o por desintegración completa o parcial de un domo de lava; también se pueden formar por colapso de los bordes de una columna eruptiva vertical. En todos los casos, siguen la ruta más fácil pendiente abajo y se canalizan en los valles más profundos situados alrededor del volcán. Las mayores distancias alcanzadas por tales flujos en erupciones históricas han sido de cerca de 35 km.

EFFECTOS SOBRE LA VIDA Y LOS BIENES

Los flujos piroclásticos son los fenómenos volcánicos más destructivos y letales: queman y destruyen cualquier cosa que esté a su paso (figuras 4 y 5). La posibilidad de que cualquier forma de vida sobreviva al impacto de un flujo piroclástico es virtualmente nula; los efectos del impacto, golpes con el material suspendido, sofocación y calor intenso, individualmente o en combinación, son mortales. Sin embargo, algunas personas expuestas a los bordes de tales flujos han sobrevivido.

Los efectos en edificios y estructuras son igualmente devastadores. Aquellos que están en la trayectoria directa del flujo son destruidos y enterrados, los localizados en los bordes laterales o frontales son corroídos y seriamente dañados.

Los flujos piroclásticos a menudo remueven completamente la cubierta vegetal de los flancos del volcán, arrancando y partiendo las ramas y troncos aun de grandes árboles, arrastrándolos pendiente abajo y quebrándolos como si fueran fósforos.

Los flujos piroclásticos constituyen una parte significativa de la actividad de los volcanes de las zonas de subducción Circum-Pacífica y de las Antillas. Son menos comunes en volcanes de las cordilleras medio-oceánicas y zonas dorsales continentales, aunque grandes erupciones prehistóricas de este tipo se han identificado en depósitos de las Islas Canarias, Etiopía y un área medio-continental (Yellowstone, EE.UU).

EJEMPLOS

Uno de los ejemplos piroclásticos más destructivos es aquel que destruyó la población de San Pedro, en Martinica (Antillas Francesas), el 8 de

mayo de 1902, causando 29.000 víctimas. Enormes y calientes flujos piroclásticos de origen magmático han ocurrido también en las erupciones del Katmai (Alaska) en 1912, Hibok-Hibok (Filipinas) en 1951 y Monte Lamington (Papua) en 1951. Los grandes flujos clásticos del Bezymianny (Kamchatka, Unión Soviética) en 1956 y del Santa Elena (EE.UU) en 1980 fueron emitidos como chorros dirigidos que se convirtieron en oleadas compuestas principalmente de rocas frías y cenizas.

Durante la erupción del volcán Santa Elena en mayo de 1980, ocurrieron varios flujos piroclásticos de tipo avalancha ardiente. Flujos piroclásticos adicionales se produjeron en las erupciones del mismo volcán el 12 de junio, 22 de julio y 7 de agosto de 1980. Los flujos piroclásticos calientes del 18 de mayo devastaron un área de 15,5 km², que fue mucho menor que lo devastado por la explosión lateral dirigida (cerca de 500 km²), que contenía principalmente hielo y roca arrancados del cono volcánico preexistente.

Dentro de las 24 erupciones mejor documentadas incluyendo flujos piroclásticos de otros volcanes, 18 devastaron áreas de más de 10 km², 12 destruyeron más de 20 km², 4 superaron los 100 km² y la mayor (Katmai, Alaska, 1912) cubrió un área de cerca de 750 km². Según reconstrucciones geológicas basadas en la distribución de los depósitos piroclásticos, se ha podido probar que han ocurrido erupciones de mayor escala en tiempos prehistóricos en varias partes del mundo, devastando áreas de 15.000 km² o más en una sola erupción, tal como el área alrededor del Lago Taupo en Nueva Zelandia, que fue cubierta por una erupción de este tipo hace unos 1.800 años. Una gran área al sur de Kyushu (Japón) fue destruida en forma similar hace 6.300 años.

1.3 Flujos de lodo volcánicos («lahares»)

CARACTERÍSTICAS

En toda erupción que produce grandes cantidades de cenizas y fragmentos gruesos (y esto incluye la mayoría de las grandes erupciones), estos materiales se acumulan en las laderas del volcán, algunas veces con espesores de varios metros en sitios cercanos al cráter.

Cuando caen lluvias fuertes sobre estos depósitos sueltos, se transforman en una mezcla densa pero fluida como concreto húmedo que fluye fácilmente pendiente abajo. Tales flujos de lodo volcánicos incluyen material como bloques de lava, mucho mayores en tamaño que las partículas que comúnmente componen el lodo. Los flujos de lodo son muy comunes en volcanes de los trópicos húmedos, y en Indonesia el término «lahar» se utiliza para designarlos.

La velocidad de los flujos depende del volumen y de la viscosidad del lodo, y de la pendiente y rugosidad del terreno; pueden alcanzar hasta 50 km/h y en casos excepcionales 100 km/h o más. La distancia que

recorren depende de su volumen y la naturaleza del terreno, pero en casos extremos han excedido los 100 km.

La mayoría de los flujos son disparados por fuertes lluvias después de que una erupción ha estado produciendo material, pero también se pueden disparar por cualquier condición que produzca grandes cantidades de agua que se mezcle con el material suelto, tal como el desagüe de un lago de cráter, el fundido rápido de nieve o hielo, o cuando el material suelto acumulado en las pendientes fuertes está cerca del punto de saturación y el tremor volcánico provoca su licuación. Dependiendo de cómo y en qué etapa de la erupción se origine el flujo de lodo, éste puede ser caliente o frío, pero nunca es más caliente que el punto de ebullición del agua, aunque algunos fragmentos recién eruptados contenidos en el flujo pueden tener temperaturas superiores a los 100 °C.

Si bien no son estrictamente flujos de lodo, ya que pudiera ser tan sólo agua con un poco de sólidos en suspensión, vale la pena mencionar el rompimiento de glaciares (Jökulhlaups) que ocurre durante las erupciones en volcanes con casquete glaciar (p. ej., Grimsvötn y Katla en Islandia). Cuando las erupciones ocurren bajo un casquete helado, grandes volúmenes de agua emergen por debajo del hielo, inundando áreas al pie del volcán.

EFFECTOS SOBRE LA VIDA Y LOS BIENES

Fuera de los flujos piroclásticos, los flujos de lodo están considerados entre los fenómenos volcánicos más peligrosos. Su alta densidad combinada con su fluidez los hace capaces de arrancar y destruir virtualmente todo lo que encuentran a su paso. Cuando finalmente se detienen pueden depositar material hasta decenas de metros de espesor, y en ciertos casos han enterrado poblaciones completas o cambiado los cursos de grandes ríos.

Los flujos de lodo representan un peligro para la vida no sólo porque, mientras bajan por los valles a varias decenas de kilómetros por hora, pueden arrastrar a las personas que se encuentran en su camino, sino también porque una vez que se detienen, los depósitos son a veces demasiado profundos, blandos y calientes para cruzarlos. Las personas pueden entonces quedar atrapadas en áreas vulnerables a posteriores flujos piroclásticos. Esta fue la causa de muchas de las 1.565 muertes durante la erupción de 1902 en San Vicente, en las Antillas.

EJEMPLOS

Los flujos de lodo son comunes en volcanes localizados en regiones de fuertes lluvias. En las Antillas, tres días antes de la erupción del Monte Pelée en 1902, un flujo de lodo del volcán cubrió un ingenio azucarero,

matando cerca de 100 trabajadores. Los volcanes en Java han sido particularmente famosos por sus flujos de lodo frecuentes que han ocurrido en el Merapi, Kelud, Galunggung y otros más.

Durante la erupción de 1980 del Santa Elena, se produjeron flujos de lodo poco después del primer clímax eruptivo, cuando el material acabado de depositar en las laderas del volcán se mezcló con el agua del hielo y nieve derretidos, así como con la de los ríos al pie de las laderas. El resultado fue un líquido caliente, viscoso y lodoso que fluyó por más de 20 km aguas abajo por los valles de los ríos, arrastrando consigo puentes y casas, y rellenando las partes bajas de los valles en las cuales se detuvo (figuras 6 y 7).

Durante la erupción del volcán Cotopaxi en Ecuador en 1877, abundantes flujos de lodo recorrieron más de 300 km, llegando hasta la costa del Pacífico en 17 horas. El 24 de diciembre de 1953, el agua que se había estado acumulando en el cráter del volcán Ruapehu (Nueva Zelanda) desde la erupción de 1948, formando un lago de 600 metros de diámetro, abrió una brecha en un lado del cráter y generó un flujo de lodo que bajó por un río y destruyó un puente de ferrocarril justo dos minutos antes de que un tren lo cruzara. El tren cayó al flujo de lodo y 151 personas perecieron.

1.4 Flujos de lava

CARACTERÍSTICAS

Los flujos de lava están compuestos por roca fundida expelida no explosivamente de un volcán, que se desplaza fluyendo sobre la tierra circundante. La velocidad de propagación depende de la tasa de emisión de lava, su viscosidad y volumen total y la pendiente del terreno. La lava altamente viscosa se mueve lentamente (desde unos pocos metros por día hasta algunos metros por hora). A menudo se apila sobre el frente del flujo para formar estructuras semejantes a domos, o flujos cortos y espesos. La superficie exterior del flujo a menudo tiene aspecto de bloques desordenados; a medida que el flujo se mueve, los bloques de la cabeza del frente se parten y ruedan, formando pequeñas avalanchas calientes. Los flujos altamente viscosos pueden variar en longitud desde unas pocas decenas de metros a varios kilómetros, en anchura desde unos pocos metros hasta varios cientos de metros, y en espesor desde un quinto a la mitad de su anchura.

La lava basáltica de baja viscosidad es producida especialmente por volcanes situados en zonas medio-oceánicas donde las grandes placas de la corteza oceánica se separan y emerge roca fundida desde grandes profundidades. Se desplaza rápidamente, ya sea como lóbulos semejantes a una lengua o en láminas amplias, dependiendo de la topografía de los alrededores (figura 8). Los flujos en forma de lóbulo pueden tener varias

decenas de kilómetros de longitud y más de un kilómetro de ancho; su espesor puede variar entre menos de un metro hasta varias decenas de metros. Los flujos en lámina pueden cubrir áreas de cientos de kilómetros cuadrados. Los frentes de lava poco viscosa avanzan a velocidades entre decenas de metros a decenas de kilómetros por hora. En pendientes fuertes, las corrientes de lava de baja viscosidad han alcanzado hasta 60 km/h.

EFFECTOS SOBRE LA VIDA Y LOS BIENES

Un flujo de lava, sin importar su viscosidad alta o baja, destruye virtualmente todo lo que no se pueda mover o quitar de su camino. Las áreas cubiertas por lavas no se pueden aprovechar o cultivar por muchos años, pero la meteorización transforma gradualmente la lava solidificada en suelos cuya riqueza en minerales los hace sumamente fértiles.

La velocidad de movimiento en la mayoría de los flujos de lava es lenta, permitiendo a las personas o animales alcanzar a tiempo sitios seguros. En pendientes fuertes, la lava fluida puede moverse más rápidamente de lo que pueden hacerlo las personas aun corriendo y es posible que flujos adyacentes, al unirse, dejen personas atrapadas. Sin embargo, los flujos de lava, por lo general, no representan un gran peligro para la vida humana.

EJEMPLOS

La lava viscosa del Etna y del Vesubio en Italia ha destruido en muchas ocasiones asentamientos en las laderas de estos volcanes (figura 9). Los mayores flujos de lava conocidos en la historia han sido los de erupciones de fisura en Islandia: la erupción del Eldgja en el año 950 y la erupción del Laki en 1783. En esta última, cerca de 12 km³ de lava fluida se esparcieron sobre un área de cientos de kilómetros cuadrados. Fuera de la destrucción causada por la lava misma, grandes pérdidas en vidas de animales fueron ocasionadas por los vapores acídicos que salían de las fisuras y se depositaban sobre la vegetación circundante.

Uno de los flujos de lava más destructivos en años recientes fue el del Nyiragongo (Zaire) en 1977. En menos de una hora, más de 20 millones de metros cúbicos de lava de baja viscosidad salieron del lago de lava formado en el cráter de la cumbre a través de fracturas en las laderas del volcán e inundaron las partes bajas de los alrededores, destruyendo 400 viviendas y ocasionando la muerte de 72 personas (figura 10).

1.5 Gases volcánicos

CARACTERÍSTICAS

En cada erupción se emiten gases volcánicos. De hecho, es la liberación del gas contenido en el magma y la expansión del mismo a medida

que sube dicho magma, lo que dispara la mayoría de las erupciones. Mientras el gas es un producto de cada erupción, sea ésta explosiva o efusiva, puede ser emitido también en períodos de quietud de un volcán. La mayoría de las erupciones están seguidas de copiosas emisiones de gas que pueden disminuir rápidamente pero las cuales algunas veces continúan por muchos años. Ciertos volcanes, especialmente aquellos que a menudo están activos, tienen fumarolas que emiten gases continuamente.

La composición de los gases varía de un volcán a otro y también cambia de vez en cuando en un mismo volcán. Los constituyentes comunes incluyen vapor de agua, dióxido de carbono, monóxido de carbono, dióxido de azufre e hidrógeno, además de sulfuro de hidrógeno, otros componentes sulfurados, ácido clorhídrico, cloro, flúor y metano. Pequeñas cantidades de elementos metálicos tales como hierro y mercurio son detectables en algunos casos.

EFFECTOS SOBRE LA VIDA Y LOS BIENES

No obstante el papel tan importante que juegan los gases en la actividad volcánica, raramente son causa directa de lesiones o muerte. Sin embargo, pueden representar un peligro para todos los seres vivos, ya que las emisiones de gas suelen continuar entre una y otra erupción y constituir un riesgo permanente en la vecindad de un volcán activo. Algunos de los gases volcánicos (por ejemplo el monóxido de carbono) son letales, y aun a bajas concentraciones pueden causar angustias o incomodidades. Los gases no tóxicos más densos que el aire, como el dióxido de carbono, pueden ser peligrosos también cuando se acumulan en depresiones o sótanos, pudiendo causar la muerte por sofocamiento. La exposición prolongada a gases volcánicos tales como dióxido de azufre, compuestos de cloro o flúor pueden detener el crecimiento de las plantas y aun la exposición intermitente puede causar daños a las cosechas y a la vegetación.

Se conoce poco acerca de los efectos a largo plazo sobre la salud humana que produce la exposición frecuente o continua a concentraciones bajas de gases volcánicos. Las personas con problemas respiratorios o del corazón parecen ser las más sensibles.

La mayoría de los gases volcánicos son ácidos y corrosivos para los metales. Por esto, en las cercanías a volcanes activos, la mayoría de las estructuras, vehículos y maquinaria están sujetos a corrosión crónica a menos que estén especialmente protegidos.

EJEMPLOS

En la mañana del 20 de febrero de 1979, los 142 habitantes del poblado de Kaputjukan en la meseta de Dieng en Java (Indonesia), alar-

mados por la actividad sísmica y volcánica del Sinila, abandonaron el caserío y se dirigieron al pueblo cercano de Batur. A la mañana siguiente, fueron encontrados todos muertos a la orilla de la carretera, por haber caminado desprevenidamente en una «laguna» de dióxido de carbono emitido por el volcán y haber sido asfixiados por este gas incoloro e inodoro. En Islandia han muerto algunas veces ovejas de la misma manera al permanecer en depresiones en las cuales el dióxido de carbono se ha acumulado durante las erupciones.

El dióxido de azufre es irritante y el sulfuro de hidrógeno es altamente tóxico. A bajas concentraciones su fuerte olor da una alarma inequívoca de su presencia y es raro que las personas no se den cuenta de él. A altas concentraciones, el sulfuro de hidrógeno bloquea los nervios olfativos y da la falsa impresión de que el gas ya no está presente. Ha habido casos en el Japón en que montañistas y esquiadores han sido sorprendidos por oleadas de sulfuro de hidrógeno en un valle cercano al volcán Kusatsushirane y por esto se ha instalado un sistema automático de detección y alarmas audibles.

1.6 Maremotos (tsunamis)

CARACTERÍSTICAS

Un maremoto es una ola o una serie de olas gigantes producidas por una gran perturbación en el fondo del océano. (El término japonés «tsunami» también se usa para designar este fenómeno.)

Los maremotos se producen cuando un movimiento brusco en el fondo del océano o el lecho del mar desplaza una gran masa de agua, generalmente como resultado de un terremoto submarino, pero ocasionalmente como resultado del colapso de un cráter de un volcán cerca o bajo el nivel del mar, o un deslizamiento de las laderas de un volcán. El movimiento del agua se propaga en todas direcciones en forma de una onda que se desplaza con una velocidad proporcional a la raíz cuadrada de la profundidad del agua; en mar profundo puede alcanzar 1.000 km/hora. En mar abierto el movimiento es imperceptible, pero una vez que la onda alcanza aguas poco profundas cercanas a la costa su velocidad disminuye y forma un frente que puede tener hasta 30 metros de altura. Los maremotos consisten algunas veces en sólo una ola, pero más a menudo en varias olas (hasta 10) que llegan a intervalos de 20 a 30 minutos.

EFFECTOS SOBRE LA VIDA Y LOS BIENES

Fácilmente se puede imaginar que una pared turbulenta de agua de hasta 30 metros de alto, que avanza hacia la costa a 100 km/hora o más,

tiene efectos devastadores que son agravados con el reflujó de la misma. Sólo los edificios y estructuras más fuertes quedan en pie, y las probabilidades de supervivencia para cualquier ser viviente que se encuentre a la intemperie durante un maremoto son realmente muy pocas.

EJEMPLOS

Los maremotos volcánicos son afortunadamente fenómenos raros; sin embargo, históricamente se han registrado algunos desastres notables (cuadro 1). El colapso de la mayor parte del volcán Santorini en 1400 a.C. generó un enorme maremoto que devastó las costas de Creta y las islas del Egeo, destruyendo el poder marítimo del imperio de Minos y provocando el fin de esta primera civilización europea. Muchos siglos después dio origen a la leyenda de la Atlántida.

Una avalancha de escombros se precipitó por las laderas del volcán Unzen (Japón) en 1792 y llegó hasta la bahía, creando un maremoto que mató a más de 15.000 personas. El mayor desastre en épocas recientes fue consecuencia de la erupción del Krakatoa en 1883 que costó la vida a 36.000 personas en las costas cercanas de Java y Sumatra. El maremoto del Krakatoa se atribuye al colapso bajo el mar del piso de la caldera, pero también puede haber sido ocasionado por la entrada de un gran flujo piroclástico dentro del mar. La erupción del Monte Colo en la isla Una-Una de Indonesia en 1982 produjo un pequeño maremoto que destruyó poblaciones cercanas a las costas (figura 11).

1.7 Erupciones cataclísmicas

Muy ocasionalmente ocurren erupciones volcánicas explosivas de una magnitud que va más allá de la experiencia que tiene el hombre moderno. En los últimos 50.000 años han ocurrido varias erupciones de este tipo, por ejemplo, una en la región de Nápoles, Italia, tres en la Isla Norte de Nueva Zelandia, tres en Kyushu, Japón, y una en Guatemala, Sumatra, Grecia y el Oeste de los Estados Unidos. La frecuencia de este tipo de erupciones es del orden de una cada mil años. En los pasados 10.000 años se conocen las de Crater Lake, Oregón (hace 7.000 años), Caldera Kikai, Japón (hace 6.300 años), Santorini, Grecia (hace 3.400 años), Taupo, Nueva Zelandia (hace 1.800 años) y Tambora, Indonesia (hace 170 años). Probablemente haya más de edad similar que todavía no han sido identificados y/o datados.

Los vulcanólogos carecen de toda experiencia en cuanto a los síntomas precursores de las erupciones cataclísmicas, fuera de tener un concepto general, aunque no bien fundado, de que la actividad sísmica y la

deformación del terreno alcanzarían tales niveles que darían una alarma inequívoca de un desastre mayor inminente.

Una erupción de tal magnitud originaría riesgos volcánicos de una escala sin precedente. Si ocurriera en áreas tan pobladas como Indonesia, Japón o Italia, podría plantear una evacuación a una escala que nunca se ha intentado, o causar pérdidas de vidas hasta la fecha desconocidas en un desastre natural. Varios millones de personas se verían involucradas y decenas de miles de kilómetros cuadrados devastados.

Este manual trata sobre erupciones volcánicas de magnitud y violencia similares a las ocurridas en el presente siglo. No puede prescribir medidas que tengan que ver con erupciones cataclísmicas que se hallan fuera de nuestra experiencia práctica. Mientras tanto, la investigación hecha por vulcanólogos en varios países tratará de orientarse para conocer más acerca de tales erupciones. El próximo evento volcánico de los «cada mil años» puede demorarse cientos de años pero, al igual que la guerra nuclear, continúa siendo una vaga amenaza que, si se materializa, con toda seguridad excederá la capacidad existente en prevención de desastres, planificación previa y servicios de socorro.

BIBLIOGRAFÍA

(Capítulo 1)

- CNRS, INAG, PIRPSEV, 1982. *Nuisances dues à l'activité volcanique modérée : impact sur la santé, l'agriculture, l'environnement*, 145 pp.
- Duffield, W. A., Tilling, R. I., y Canul, R., 1984. «Geology of El Chichón Volcano, Chiapas, Mexico», *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, pp. 117-132.
- Lacroix, A., 1904, *La Montagne Pelée et ses éruptions*, Paris, Masson et Cie., 662 pp.
- MacDonald, G. A., y Alcaraz, E., 1956. «Nuées ardentes of the 1948-1953 eruption of Hibok-Hibok», *Bull. Volcanol.*, Ser. II, XVIII, pp. 169-178.
- Ronodibroto, S., et al., 1976. *Community Preparedness and Disaster Prevention in Indonesia (Merapi volcano as a case)*, 29 pp.
- Simkin, T., et al., 1981. *Volcanoes of the World*, Smithsonian Institution, Washington, 233 pp.
- _____, y Fiske, R. S., 1983. *Krakatau 1883: The Volcanic Eruption and its effects*, Smithsonian Institution, Washington, 464 pp.
- Taylor, G. A., 1958. «The 1951 Eruption of Mount Lamington, Papua», *Bulletin No. 38 of the Department of National Development Bureau of Mineral Resources, Geology and Geophysics*, Australia, 117 pp.
- Tilling, R. I., et al., 1984. *Holocene Eruptive Activity of El Chichón Volcano, Chiapas, Mexico*, American Association for Advancement of Science, vol. 224, pp. 747-749.