

SEGUNDA PARTE

2.0 PREVENCIÓN, PREPARACIÓN Y MITIGACION

En territorios geológicamente jóvenes y caracterizados por una continua dinámica interna, como lo es el caso del istmo centroamericano, los fenómenos sísmicos y volcánicos serán frecuentes, por lo cual debemos de estar preparados para convivir con ellos y prever sus efectos y para mitigar sus riesgos (Paniagua & Morales, 1987).

De acuerdo a la Oficina de Asistencia para Catástrofes USAID-OFDA (en Paniagua,1995), los términos de Prevención, Preparación y Mitigación , están estrechamente relacionados en la llamada fase del “antes” dentro del Ciclo de los Desastres y como se mencionó en la primera parte de este estudio, el objetivo de la prevención es evitar que ocurra el evento, aunque en ocasiones comprendemos que es imposible obviar su ocurrencia; preparación al conjunto de medidas y acciones para reducir al mínimo las pérdidas de la respuesta y la mitigación es aminorar el impacto.

Las erupciones volcánicas afectan, directa o indirectamente, la vida y la salud de las personas, sus actividades y sus bienes. El propósito de este capítulo es tratar de conocer dichos eventos volcánicos, los peligros y la manera de mitigarlos. La mayor parte de la bibliografía utilizada en este apartado ha sido tomada de la información del texto “Manejo de Emergencias Volcánicas”, por UNDRO-UN_UNESCO (1987),, asimismo de los trabajos de Scott (1993 y Scott 1993^a y Banks, et al.,1993 en “ Los Peligros Volcánicos, 1993”, publicado por WOVO, R. Tilling, Ed) y otras publicaciones involucradas en el tema en la región, haciendo énfasis en los volcanes centroamericanos. .

Algunas características de los volcanes centroamericanos considerados en este estudio, se presentan a continuación en el Cuadro 1.

CUADRO 1. ALGUNAS CARACTERISTICAS DE LOS VOLCANES DE AMERICA CENTRAL (MODIFICADO PRINCIPALMENTE DE CARR & ROSE, 1987).

PAIS	VOLCAN	LAT. LONG.		ELEV (snm)		ALTURA	VOL
		N	W	km	km	km ³	
Guatemala.							
	Tacaná	15 07	92 06	4.93	2.30	20	
	Santiaguito	14 76	91 55	2.50	0.53	1	
	C. Quemado	14 48	91 31	3.37	1.10	-	
	Fuego	14 29	90 53	3.76	2.40	40	
	Pacaya	14 23	90 36	2.55	1.00	45	
El Salvador							
	Izalco	13 82	89 63	1.96	0.65	2	
	S. Ana	13 85	89 63	2.38	1.80	265	
	S. Salvador	13 44	89 17	1.96	1.25	110	
	Ilopango	13 67	89 05	0.43	-	70	
	S. Miguel	13 43	87 27	2.13	1.85	50	
Nicaragua							
	Cosigüina	12 98	87 57	0.85	0.85	30	
	S. Cristóbal	12 70	87 57	1.78	1.55	50	
	Telica	12 60	86 85	1.01	0.85	28	
	C. Negro	12 51	86 70	0.71	0.30	-	
	Momotombo	12 42	86 53	1.19	1.10	18	

Masaya	11 98 86 15	0.63	0.55	60
Concepción	11 53 85 62	1.60	1.60	33
Costa Rica				
Rincón V.	10 83 85 33	1.81	1.5	250
Arenal	10 46 84 70	1.63	1.00	16
Poás	10 15 84 14	2.70	1.70	240
Irazú	9 98 83 85	3.43	2.00	520
Turrialba	10.03 83 77	3.34	1.90	220
Panamá				
Barú	8 48 83 31	3.47	2.50	-

Los eventos volcánicos son entre los fenómenos naturales más temidos y respetados. Abundan mitos, leyendas y crónicas como testimonios 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.

Con el fin de conocer las afectaciones y muertes causados por los diferentes eventos o peligros volcánicos, que se trataran en esta investigación, se presenta en el Cuadro 2, una síntesis de ellas a nivel mundial expuesto por Blong (1984, en Tilling, 1993).

CUADRO 2. FATALIDADES HUMANAS POR ERUPCION VOLCANICA 1600-1986 AGRUPADAS DE ACUERDO A CAUSAS PRIMARIAS DE MUERTE

CAUSA PRIMARIA	1600-1899	1900-1986
FLUJO PIROCLÁSTICO Y DEBRIS	18200 (9,8%)	36800 (48,4%)
LAHARES Y FLUJOS	8300 (4,5%)	28400 (37,4%)
CAIDA DE TEFRAS Y PROYECTILES	8000 (4,3%)	3000 (4,0%)
TSUNAMIS	43600 (23,4%)	400 (0,5%)
ENFERMEDADES, HAMBRE POST ERUPCION	92100 (49,4%)	3200 (4,2%)
FLUJO DE LAVA	900 (0,5%)	100 (0,1%)
GASES Y LLUVIA ACIDA		*1900 (2,5%)
OTROS O DESCONOCIDOS	15100 (8,1%)	2200 (2,5%)
TOTALES	186200 (100%)	76000 (100%)
FATALIDADES POR AÑO (PROMEDIO)	620	880

* Incluye las muertes causadas por escape de gases letales en dos lagos de cráter volcánico en Camerún, lago Monoun, agosto 1984 (Sigurdsson et al., 1987) y 1700, lago Nyos, agosto 1986 (Kline et al., 1987).
Agrupadas de acuerdo a causas primarias de muerte
(Modificado de Blong, 1984, Tabla 3.2, en Tilling, 1993).

Al material fundido que se encuentra en la corteza 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. Las frecuencias de las erupciones también es variable, desde los volcanes que están casi en continua erupción hasta aquellos que entran en actividad en intervalos de cientos o miles de años.

Como se ha mencionado , los volcanes de grandes zonas de subducción localizadas alrededor de algunos bordes de continentes, en su mayoría emiten lavas de alta viscosidad que tienen 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 fácilmente 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 apacible efusiva (en Cerro Negro, Nicaragua) hasta la violenta explosiva (Volcán Arenal en Costa Rica o Santigüito, en Guatemala), 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 su 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.

Como un simple ejemplo, la población que puede ser afectada en Guatemala por distintas actividades de los volcanes y eventos asociados se ve en el Cuadro 3.

Cuadro 3. Poblaciones de Guatemala que podrían ser afectadas por actividad volcánica

	Personas
Complejo Santiagüito-Santamaría.....	200.000
Complejo Fuego-Acatenango.....	100.000
Pacaya.....	25 000
Tacaná.....	10.000
Total	335.000

La mayoría de las erupciones están precedidas por signos premonitores, los cuales, si son reconocidos y atendidos, pueden avisar con tiempo los eventos inminentes. No obstante estos signos pueden ser sutiles o complejos, y se 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 (“personalidad”) y comprender los procesos que la preceden.

Muchos de los procesos geológicos que tienen su origen en los volcanes son potencialmente peligrosos, por ejemplo, las coladas de lava, los flujos piroclásticos, las avalanchas de escombros o lahares, son flujos impulsados por la gravedad que típicamente impactan aquellas áreas ubicadas dentro de valles cuyas cabeceras están en los volcanes. Sin embargo, estos eventos volcánicos de gran magnitud son capaces de cubrir amplias regiones alrededor de los volcanes y pueden extenderse a distancias excepcionales siguiendo valles. La ceniza lanzada a la atmósfera por las explosiones volcánicas es dispersada por los vientos y puede cubrir áreas extensas. Los gases volcánicos escapan durante y entre las erupciones, y bajo ciertas circunstancias pueden afectar zonas de extensión significativas. Algunos peligros adicionales relacionados con la actividad volcánica son terremotos, tsunamis y ondas atmosféricas de choque.

La mayor catástrofe de origen volcánicos del presente siglo en la región ha sido la del volcán Santa María-Santiaguito (Guatemala) en 1902 con un saldo de 6000 muertos y extensos daños a la agricultura del área; lo mismo ocurrió en ese mismo país con el Volcán Santigüito en 1929, que mató a 2500 personas y dejó más de 25000 damnificados y varios millones de dólares en pérdidas en las zonas agrícolas aledañas a esa región. En Nicaragua, el volcán Momotombo, sepultó la antigua Ciudad de León en 1609. La catastrófica erupción del volcán Cosigüina en 1835, se ha caracterizado entre las más violentas del siglo XIX en el continente. El volcán Cerro Negro, en Nicaragua en 1972, afectó más de 5700 km², destruyendo más de 10.000 manzanas de tierra cultivable; en 1991, 1995 y últimamente en 1999, este mismo volcán ha producido erupciones, que han afectado aún más ese territorio.

En Costa Rica la última gran erupción histórica luego de más de 400 años de reposo, fue la del volcán Arenal, en julio de 1968, la cual produjo nubes ardientes y avalanchas que llegaron a dos pueblos situados al pie del volcán, matando a más de 80 personas, produciendo la máxima destrucción en un área de 15 km², provocando pérdidas a la agricultura y ganadería por varias decenas de miles de dólares. En diciembre de 1963, durante la erupción del Volcán Irazú y tras una semana de fuerte temporal, se produjo en

las laderas al sur de dicho volcán una corriente de lodo (lahar) que afectó un área de 5 km² con saldo de 20 víctimas y más de 300 casas (Paniagua, 1995).

2.1 Las principales amenazas volcánicas que se ciernen sobre importantes ciudades o poblados en el istmo centroamericano, pueden sintetizarse en los siguientes tipos:

- Caída de tefra (cenizas, especialmente) y proyectiles balísticos
- Flujos de lava y domos
- Corrientes piroclásticas:
 - Flujos piroclásticos
 - Oleadas piroclásticas
 - Explosiones dirigidas
- Lahares
- Colapsos estructurales: Avalanchas de escombros
- Gases volcánicos
- Ondas de choque atmosféricas
- tsunamis

A continuación se presenta una breve descripción de cada uno de estos eventos, los efectos sobre la vida, los bienes y algunos ejemplos.

2.2 EVENTOS VOLCANICOS

2.2.1 CAIDA DE TEFRAS Y PROYECTILES BALISTICOS

La tefra está constituida por fragmentos de roca y lava que han sido expulsadas hacia la atmósfera y luego caen nuevamente a la superficie terrestre. Las partículas son transportadas hacia arriba por medio de columnas eruptivas, las cuales consisten de una zona inferior de empuje por gases , y una zona superior convectiva. Una columna continuará ascendiendo por convección hasta que su densidad sea igual a la de la atmósfera circundante. Luego sufrirá una expansión lateral, pero también continuará ascendiendo debido a la inercia, y formará una amplia nube de forma de paraguas, la cual juega un papel importante en el transporte de piroclásticos.

La altura de la columna eruptiva está determinada por la temperatura del material expelido y por la tasa de emisión del mismo, junto a la dirección y fuerza del viento, son los factores que controlan el transporte de la tefra a grandes distancias. En contraste, los proyectiles balísticos abandonan el cráter a velocidades que varían de decenas a centenares de metros por segundo, y siguen trayectorias que son afectadas por la dinámica de la columna eruptiva o por el viento. En consecuencia, estos proyectiles típicamente se hallan restringidos a un radio de 5 km del centro de emisión.

La tefra varía de tamaño desde ceniza (<2 mm), a la llamada lapilli (2-64 mm), hasta bloques y bombas (>64 mm) que pueden alcanzar diámetros de hasta varios metros. Las densidades varían desde pómez y escorias vesiculares de baja densidad, hasta cristales

y fragmentos líticos muy densos. El material puede ser de tipo juvenil (formado a partir del magma involucrado en la erupción) o de tipo accidental (formado de rocas preexistentes).

2.2.1^a Efectos sobre la vida y los bienes

Las caídas de tefra constituyen el peligro directo de mayor alcance derivado de erupciones volcánicas. Por ejemplo, durante grandes erupciones, superficies de 1000 a 10000 km² pueden quedar cubiertas con fragmentos mayor a 10 cm, y la ceniza fina puede ser acarreada sobre áreas extensas, de orden continental y hasta más grandes. Típicamente, al incrementarse la distancia desde el centro de emisión, la tefra presenta una disminución dentro del tamaño del grano y forma depósitos más delgados.

La caída de tefra y los proyectiles balísticos son una amenaza para la vida y las propiedades por:

- la fuerza del impacto de los fragmentos que caen,
- enterramiento,
- formación de una suspensión de partículas de grano fino en el agua y en el aire y,
- el transporte de gases nocivos, ácidos, sales y calor en las cercanías del punto de emisión.

Las personas pueden sobrevivir la caída de bombas pequeñas en un refugio mínimo; sin embargo, las caídas de bombas grandes pueden afectar a las personas hasta en refugios sólidos.

El enterramiento por tefra puede provocar el colapso de los techos de edificios, destruir líneas de transmisión de energía y comunicaciones, y dañar o liquidar la vegetación. La tefra seca y no compactada tienen densidades que varían entre 0,40-0,7 g/cm³, mientras que la tefra húmeda y compactada alcanza valores de densidad de hasta 1 g/cm³. De esta manera la carga impartida por una capa de caída de tefra de 10 cm de espesor puede variar de entre 40-70 kg/m² para tefras secas hasta 100-125kg/m² para tefras húmedas. La humedad también incrementa la cohesión de la tefra.

Los efectos de la carga de tefra sobre edificios varían considerablemente en función del diseño y la construcción de los mismos, los techos planos son más propensos a fallar que los inclinados. El transporte por viento de la tefra sobre los techos puede producir localmente un aumento de carga que excede las cargas en el suelo adyacente. Los efectos del enterramiento sobre la vegetación también son muy variables. Caída de tefra mayor a un cm liquidarán la mayoría de los tipos de vegetación; incluso capas delgadas de tefra pueden causar daños severos dependiendo de las especies vegetales, de la época del año y de la etapa de crecimiento de la planta.

Los efectos sobre la agricultura dependen del tipo de cultivo, de su grado de desarrollo y del espesor de la capa de cenizas precipitada (Cook, 1981, en Ortiz & Araña, 1998). Se presenta en el Cuadro 4 el efecto de las cenizas sobre diferentes cultivos.

CUADRO 4. DAÑOS A LA AGRICULTURA PROVOCADOS POR LA CAÍDA DE CENIZAS (de Blong, 1984, en Araña & Ortiz, 1998).

Espesor Mm	CULTIVOS
> 2000	Toda la vegetación queda destruida
1500	La mayor parte de la vegetación muere.
1000	Parcialmente recuperable
200	Arrozales destruidos
150	Cafetales destruidos
100	Palmas y ramas rotas por el peso de la ceniza
50	Plataneras destruidas. Otros cultivos deben cosecharse prematuramente.
40	50% de pérdidas en legumbres, 15-30 % en trigo, verduras, cebada, heno, etc.
30	Daños en cerezas y otros. Los frutos pueden quedar inservibles por la capa de ceniza.
25	Daños en caña de azúcar, papas, etc.
20	Daños considerables en naranjas, mandarinas, moras, otras frutas y verduras. 30 % en legumbres.
15	Pérdidas de pastos. Incluso si es afectada una vez recogida tampoco es utilizable.
10	Daños en manzanas, algodón, plátanos, tabaco y verduras. 20-40 % de la cosecha dañada.
< 10	Menores daños en pastos, trigo y maíz.

La suspensión de partículas de grano fino en el aire afecta la visibilidad y la salud (especialmente en personas con problemas respiratorios), y puede estropear maquinaria protegida (especialmente motores de combustión interna). El transporte aéreo, ferroviario y en carreteras es especialmente vulnerable

La ceniza puede provocar cortocircuitos en las líneas de transmisión. Adicionalmente, las comunicaciones se pueden ver afectadas por daños en las líneas telefónicas y estaciones transmisoras de radio y televisión, y por desordenes de tipo eléctrico causados por rayos. La oscuridad producida durante el día por la caída de tefra puede persistir desde pocas horas hasta varios días, y puede causar pánico y complicar otros problemas

En contraste a los peligros debidos a otros eventos volcánicos, muchos de los efectos peligrosos de caída de tefras pueden ser mitigados en la práctica mediante una

adecuada planificación y preparación. Se recomienda la remoción de tefra de los techos u otras estructuras conforme ésta se va acumulando, el diseño de la orientación e inclinación de los techos para impedir una elevada acumulación, refuerzo de paredes y techos para soportar las cargas y el impacto de los proyectiles, remoción y estabilización de la tefra en el terreno, para impedir que ésta se retrabaje, el diseño de filtros para la maquinaria y el uso de máscaras respiratorias o pañuelos húmedos sobre la nariz y boca para reducir la inhalación de tefra y gases.

La tefra puede contener gases nocivos, como el flúor, que han sido absorbidos en sus partículas o pueden presentarse como aerosoles y como partículas de sales. Los efectos de éstos se tratan en el apartado sobre gases volcánicos.

Las caídas de tefra han causado incendios, tanto por rayos generados en las nubes eruptivas, como por los fragmentos incandescentes. Los fragmentos que son los suficientemente grandes como para contener suficiente cantidad de calor para iniciar un incendio típicamente caen a pocos kilómetros del cráter.

Una vez que la tefra ha sido dispersada sobre una cuenca hidrográfica, ésta puede inducir cambios importantes en las relaciones de precipitación/escorrentía . Depósitos de cenizas finas con una baja permeabilidad llevan a un incremento en la escorrentía, a una erosión acelerada y a ajustes en los canales de los ríos. Al contrario, los depósitos potentes de tefra de grano grueso pueden incrementar la capacidad de infiltración y prácticamente eliminar la escorrentía.

2.2.1b Ejemplos

Como ya se ha expuesto, la caída de ceniza es tal vez, el fenómeno eruptivo más común en casi todos los volcanes.

En América Central , se presenta muy a menudo, y pueden mencionarse, en las frecuentes erupciones del complejo Santa María-Santiaguito (Guatemala), las del volcán de San Miguel en el Salvador, Cerro Negro, en Nicaragua y Arenal, en Costa Rica.

En otras partes del mundo, en tiempos históricos, espesas y amplias caída de cenizas han estado asociado a erupciones, tales como la del Vesubio (Italia), en los años 79 y 1906, Tambora (Indonesia) en 1815, Krakatoa (Indonesia) en 1883, Paracutin , en México en 1943-52, Santa Elena (E.U) en 1980 y el Chichón en México en 1982.

Siendo este tipo de amenaza uno de los más frecuentes producidos en los volcanes de la América Central, se presenta en el Cuadro 5 , algunas formas de que hacer en caso de caída de ceniza, tanto en el hogar, como en otros lugares y protección en general, para paliar de alguna manera sus efectos. Este texto fue distribuido a los residentes de las áreas volcánicas, anticipando una lluvia de cenizas en su sector. Se sugiere considerarlos a sus circunstancias.

CUADRO 5. QUE HACER DURANTE UNA CAÍDA DE CENIZA.
TOMADO DE AGENCIA FEDERAL PARA EL MANEJO DE EMERGENCIA, WASHINGTON, EN BAXTER, ET AL., 1997.

<ul style="list-style-type: none"> • En su hogar • Cierre puertas y ventanas. • Tape el tiro de su chimenea. • Coloque toallas húmedas en los umbrales de las puertas y otros lugares donde haya corrientes de aire. • No haga funcionar ventiladores ni secadoras de ropa. • Quite las cenizas de los techos planos o de poco declive, así como los canales para desaguar la lluvia, con el fin de evitar acumulaciones espesas. • Si presta su servicios en actividades de limpieza de ceniza, tala de árboles o labranza, pida que le laven su ropa de faena en el trabajo o fuera de su hogar. • Si la fuente de agua está contaminada, utilice la almacenada en el calentador o en el tanque del inodoro (cierre la llave principal del agua). Para purificar el agua, vierta 10 gotitas de blanqueador por cada 4 	<ul style="list-style-type: none"> • En su auto • De ser posible no maneje. • Si tienen que manejar, hágalo lentamente (a 25 km/h). Recuerde que la ceniza reduce la visibilidad. No se aproxime mucho al auto que va enfrente de Ud. • Utilice los limpiadores del parabrisas. • Cambie el filtro del aire* • Cambie el aceite y su filtro • Cada 80 a 160 km, si el polvo es denso.(menos de 15 metros de visibilidad) • Cada 80 a 160 km, si el polvo es ligero (hasta 60 metros de visibilidad) • No maneje sin filtro de aire. • Si el auto se para, empújelo fuera del camino, para evitar choques; permanezca en él. <p>* No cambie el filtro de aire hasta que perciba una pérdida</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Sus hijos • No intente recoger a sus niños en las escuelas. A estos se les notifica sobre los procedimientos de emergencias que deben realizar. • Mantenga a los niños en interiores. • Reduzca sus ejercicios para evitar la inhalación de cenizas. • De ser posible, mantenga la rutina normal de los niños. • Si la caída de ceniza se prolonga, saque a los niños dependiendo de las condiciones del ambiente (use mascarillas protectoras) • Mascotas y otros animales domésticos: • Mantenga a sus mascotas en interiores. • Tan pronto como le sea posible, obtenga agua limpia para el ganado. • Si se salen sus mascotas, cepíllelas o aspírelas antes de dejarlas entrar.
--	---	---

<p>litros de agua. Déjela reposar por 30 minutos, o realice la purificación hirviéndola 5 minutos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Puede comer verduras del jardín, pero lávelas primero. La arena no es dañina. • Limpie el polvo con frecuencia; en lugar de paños, los cuales pueden rayar sus muebles, utilice aditamentos de su aspiradora. • Pase la aspiradora por muebles, alfombras, etc.; no intente trapear los pisos, ya que la ceniza los rayará también. • Cepille, sacuda y remoje antes la ropa. Use detergente, no jabón; éste se impregna de ceniza. • Use más detergente en la lavadora. • Mantenga cerrado su refrigerador. • Al meter en bolsas el césped húmedo que se ha podado o cegado, se reduce la acumulación de polvo. • Use radio de pilas para recibir información. 	<p>de energía en su motor. Un filtro sucio es más efectivo mientras permita que el aire llegue al motor. Si puede cambiar el filtro de aire, límpielo soplando de dentro hacia fuera.</p> <p>Nota: La ceniza es roca abrasiva; por tanto atasca y daña los motores y raya la pintura de los automóviles.</p>	<p>No permita que se mojen ni trate de bañarlas.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estas indicaciones fue preparado por la Agencia federal para el Manejo de emergencias de la región X, Bothell, WA, con el apoyo del Dto. de servicios de emergencias del Estado de Washington, de Olimpia, WA. USA.
---	--	---

2.2.2 FLUJOS DE LAVA Y DOMOS DE LAVA

Los flujos de lava están compuestos por roca fundida emitida no explosivamente de un volcán, que se desplaza fluyendo sobre la tierra circundante. La velocidad de propagación depende de la tasa de emisión de la lava, su viscosidad y el volumen total y la pendiente del terreno. La lava altamente viscosa como la silícea, se mueve lentamente (desde unos pocos metros por día hasta algunos metros por hora). A menudo se acumula sobre el frente del flujo para formar estructuras semejantes a domos, domo lava 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. Las lavas fluidas como los de los basaltos, se mueve varios kilómetros por hora.

2.2.2^a Efectos sobre la vida y los bienes

Un flujo de lava, sin importar su viscosidad alta o baja, destruye virtualmente todo lo que no se puede mover o quitar en el camino. Las áreas cubiertas por las 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 puede 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.

Se han intentado la aplicación de varios métodos para controlar el avance de los flujos de lava, tales como barreras y canales de desvío inducido por destrucción de canales y túneles de lava, y enfriamiento de los flujos de lava por medio de agua, con el objeto de provocar la detención del flujo.

2.2.2b Ejemplos

En América Central, actualmente pueden observarse excelentes ejemplos de lavas y domos en el Volcán Santiaguito- Santa María y lavas en el Pacaya, ambos en el Guatemala; Cerro Negro, Nicaragua, lavas de la última actividad de agosto de 1999 y en Costa Rica, en el volcán Arenal que ha mantenido su actividad constante efusiva-explosiva desde 1968 al presente (1999) con más de 100 coladas de lava.

Mundialmente, se conocen las lavas viscosas del Etna y del Vesubio en Italia que han destruido en muchas ocasiones asentamientos en las laderas de este volcán. Los

mayores flujos de lava conocidos en la historia han sido los de las erupciones de fisura en Islandia: la erupción del Eldgja en el año 950 y la del Laki en 1783. En esta última, cerca de 12 km³ de lava fluida se derramaron sobre un área de cientos de km². Fuera de la destrucción causada por la lava misma, grandes pérdidas en vidas de animales fueron ocasionadas por los vapores ácidos que salían de las fisuras 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.

2.2.3 CORRIENTES PIROCLÁSTICAS

Entre los eventos volcánicos más peligrosos están las corrientes piroclásticas de densidad, las cuales varían ampliamente, pero comparten muchas características con otros tipos. Todas son mezclas de fragmentos rocosos y gases que se mueven rápidamente a ras del suelo, accionados por la gravedad.

Las corrientes de densidad que tienen una concentración relativamente alta de sólidos y una densidad similar a la del depósito resultante se denominan flujos piroclásticos. Corrientes con una baja densidad en sólidos y cuya densidad es mucho menor que la del depósito resultante se denominan oleadas piroclásticas. Como una tercera categoría se describe aquí las catastróficas explosiones laterales, a pesar de que difieren de los flujos y oleadas piroclásticas más en magnitud y reputación que en cualquier sentido físico fundamental. Las explosiones laterales son corrientes de densidad complejas que muestran características tanto de flujo como de oleadas.

2.2.3.1 Flujos Piroclásticos

Los flujos piroclásticos son masas secas y calientes (300 a más de 800° C) de escombros piroclásticos y gases que se movilizan rápidamente a ras de la superficie a velocidades con un rango de 10 a varios cientos de metros por segundo. Se trata, entonces, de una verdadera tormenta de fuego que se desplaza a gran velocidad. Un flujo se compone normalmente de dos partes: (1) un flujo basal, denso, ceñido al piso, que es el flujo piroclástico propiamente dicho, y (2) una oleada en forma de nube turbulenta de ceniza que precede o cabalga sobre el mismo. Nubes convectivas de cenizas también están asociadas a flujos piroclásticos, y forman un tipo de depósito de caída de tefra.

Se ha observado que los flujos piroclásticos se forman de varias maneras: flujos formados por el colapso gravitacional de altas columnas eruptivas verticales; flujos originados a partir de columnas eruptivas de poca altura que parecen derramarse sobre el filo del cráter y que preceden al desarrollo de una columna eruptiva de gran altura, y flujos formados por la destrucción gravitacional o explosiva de domos lávicos y flujos de lava calientes.

2.2.3.1^a Efectos sobre la vida y los bienes

Los flujos piroclásticos constituyen una parte significativa de la actividad de los volcanes de la zona de subducción Circum-Pacífica y de las Antillas. Son menos comunes en volcanes de las cordilleras medio-oceánicas y 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, EU).

Estos flujos piroclásticos son muy comunes en muchos volcanes andesíticos y dacíticos y en calderas silíceas, como en América Central. Presenta una amplia gama en composición, temperatura, volumen y tasa eruptiva, lo cual se manifiesta en un amplio rango de extensiones alcanzadas. Flujos de bloques y ceniza, compuestos mayormente de fragmentos densos o ligeramente vesiculados dentro de una matriz de ceniza, son por lo general de poco volumen, de una movilidad baja y típicamente están restringidos a unas pocas decenas de kilómetros de los centros de emisión. Por lo contrario, los grandes flujos piroclásticos pumíticos compuestos mayormente por lapilli y ceniza pueden extenderse hasta 200 km de distancia de sus centros de emisión y cubrir miles a decenas de miles de km². La inercia impartida a los flujos piroclásticos pumíticos de gran volumen por su masa y velocidad permite a estos flujos sobrepasar barreras topográficas de cientos de metros de altura y por lo tanto tienen la capacidad de afectar áreas que yacen fuera de las cuencas hidrográficas cuyas cabeceras apuntan hacia el volcán.

Debido a su masa, alta temperatura, alta velocidad y gran movilidad potencial, los flujos piroclásticos y las oleadas piroclásticas asociadas presentan una amenaza de muerte por asfixia, enterramiento, incineración e impacto.

2.2.3.2 Oleadas Piroclásticas

Las oleadas piroclásticas son dispersiones gas-sólido, turbulentas, bajas en concentraciones de partículas, que fluyen sobre la superficie del terreno a altas velocidades. Estas oleadas se dividen en dos categorías: las oleadas piroclásticas calientes, que son generadas por muchos de los mismos procesos que dan lugar a los flujos piroclásticos; las oleadas piroclásticas frías son generadas por explosiones hidromagmática o hidrotermales.

2.2.3.2^a Efectos sobre la vida y los bienes

Mientras que los flujos piroclásticos estarían restringidos a los fondos de los valles, las oleadas piroclásticas que lo acompañan podrían afectar áreas ubicadas en las partes altas de las paredes de los valles y hasta alcanzan valles aledaños. Las nubes de ceniza separadas por los flujos piroclásticos pueden a su vez estar sujetas a procesos segregativos, dando como resultados flujos piroclásticos secundarios. Las oleadas piroclásticas calientes pueden afectar área localizadas a varias decenas de kilómetros de los centros de emisión.

Las oleadas piroclásticas representan una serie de amenazas o peligros, los cuales

incluyen destrucción por nubes de ceniza que se mueven a gran velocidad , el impacto de fragmentos de roca y el enterramiento por depósitos dejados por la oleada . Las oleadas piroclásticas calientes presentan algunos peligros adicionales , como son la incineración , los gases tóxicos y la asfixia.

Debido a sus altas velocidades (algunas decenas de metros por segundo) y a su gran movilidad, cualquier escape es imposible una vez que una corriente piroclástica de densidad ha sido generada. El único método efectivo de mitigación es la evacuación de las áreas amenazadas antes del inicio de la erupción. Algunas personas han sobrevivido al impacto de oleadas, especialmente en áreas distantes, al encontrar refugios en subterráneos y a veces refugios en la superficie misma. La construcción de los refugios para proteger la población del impacto de las corrientes piroclásticas de densidad podría ser factible en ciertas circunstancias, sin embargo, faltan datos en los cuales sustentar el diseño. De todas maneras, el proveer a la población de refugios contra flujos piroclásticos y oleadas es probablemente costoso para ser llevado a la realidad. Lo mejor es una buena planificación del ordenamiento territorial, no sólo para este tipo de evento sino para otras muchas amenazas naturales.

2.2.3.3 Explosiones laterales dirigidas

Las grandes explosiones dirigidas son fenómenos complejos que comparten características de flujos piroclásticos y oleadas, pero que aquí se tratan de manera separada por cuanto tienen un componente inicial de bajo ángulo y pueden afectar amplios sectores de un volcán de hasta 180 grados y alcanzar distancias de decenas de kilómetros. Las explosiones dirigidas resultan de la despresurización repentina del sistema magmático y /o hidrotermal dentro del volcán, ya sea por deslizamiento o por alguna otra razón. Las explosiones así formadas generan una corriente de densidad que se mueve a velocidades excepcionalmente altas (mayores a 100 m/s) y tienen una movilidad muy alta, por lo que casi no le afectan los rasgos topográficos.

2.2.3.3ª Efectos sobre la vida y los bienes

Prácticamente igual que los demás flujos piroclásticos. Areas cercanas afectadas por este tipo de evento, virtualmente borra todo tipo de vida sobre el suelo y todas las estructuras a su paso son destruidos por la fuerza de la nube de explosión, por el impacto de escombros, abrasión, enterramiento, asfixia y calor.

2.2.3.4 Ejemplos

En general corrientes piroclásticas de densidad en América Central son comunes y sumamente peligrosas, ya que muchas poblaciones de los alrededores de los volcanes activos están densamente poblados.

Pueden citarse las erupciones de Santiguigo-Santa María de 1929, en Guatemala y las constantes erupciones del volcán Arenal, especialmente de sus flujos piroclásticos, tipo