



Fig. 19. Lava volcánica del volcán Kilauea, Hawaii, 2002

El efecto destructivo proviene principalmente del peso de la lava que, con una densidad típica en el rango de 2.7 a 2.9 g/cm³, aplasta a las edificaciones de menor altura. Sin embargo, un edificio de altura suficiente que exceda el espesor de flujo de lava, podría en principio resistir el avance de éste. Tal fue el caso de la iglesia de San Juan Parangaricutiro, cuyas partes más altas están relativamente poco dañadas, aunque rodeadas por el flujo de lava.

La razón de esto es que la presión dinámica que puede ejercer lateralmente un flujo de lava sobre un edificio depende linealmente de la densidad de la lava del flujo y del cuadrado de su velocidad. Si bien la densidad de la lava puede ser considerable como se indica arriba, la velocidad de avance es por lo general tan baja, que la presión dinámica ejercida por el flujo de lava sobre las paredes de la iglesia de San Juan Parangaricutiro se estima que fue del orden de tan sólo 0.07 Nw/m², muy pequeña comparada con la presión ejercida por el peso.

Estas consideraciones pueden ser importantes en el diseño y construcción de edificaciones en zonas volcánicas, tales como plantas de producción de energía, (nucleares o de otro tipo), o cualquier otra estructura cuya resistencia sea crítica para la seguridad de la región circundante.

El alcance de los flujos de lava depende críticamente de su viscosidad (es decir su resistencia a deformarse rápidamente). Flujos de lava de baja viscosidad, como los que se forman en los volcanes de Hawaii por ejemplo, pueden extenderse por decenas de kilómetros.

Los flujos de lavas más viscosas, sólo pueden avanzar sobre terrenos de pendientes fuertes y, como se observa por ejemplo en el caso del volcán de Fuego de Colima (fig. 18), se detienen cuando la pendiente del terreno es menor que aproximadamente el 15%. Sin embargo, ese tipo de flujos de lava de bloques puede fragmentarse y generar fácilmente derrumbes o avalanchas de rocas incandescentes que al deshacerse pueden liberar flujos piroclásticos, como ha sido el caso de la actividad reciente del volcán de Colima.

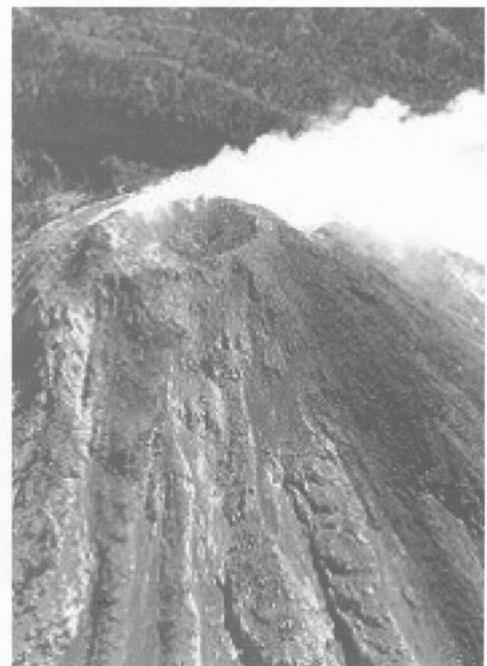


Fig. 20. Cono volcánico del volcán Colima, 2003

Flujos piroclásticos: Durante las erupciones explosivas, pueden generarse avalanchas formadas por mezclas de fragmentos de lava, ceniza volcánica (magma finamente fragmentado), y gases muy calientes, que se deslizan cuesta abajo por los flancos del volcán a grandes velocidades y pueden llegar a ser muy destructivas y peligrosas. Estas avalanchas de material magmático, gases calientes y fragmentos de roca reciben varios nombres: flujos piroclásticos, nubes ardientes o flujos de ceniza caliente. Estos flujos representan una de las manifestaciones más impresionantes y destructivas de las erupciones volcánicas y ha sido la causa de numerosos desastres volcánicos en distintas partes del mundo. Entre los más conocidos está la destrucción de Pompeya por la erupción del Vesubio en el año 79 D.C. Otro gran desastres causados por flujos piroclásticos ocurrió durante la erupción del Monte Pelée, en Martinica, isla francesa en el Caribe, el 8 de mayo de 1902, que destruyó la ciudad capital de St. Pierre, causando cerca de 29,000 víctimas.

El poder destructivo de los flujos piroclásticos depende esencialmente de sus volúmenes y de sus alcances. Estos factores están controlados por el tipo de erupción que los produce, por la topografía del terreno (esto es, por las pendientes y barrancas del volcán), por las características de los materiales arrojados durante la erupción (composición y contenido de volátiles), y por la altura a la que se originan.

Existen varios tipos de flujos piroclásticos: Flujos relacionados con derrumbes o colapso de domos, o con el desmoronamiento de los frentes de flujos de lava en pendientes fuertes; flujos producidos directamente en cráteres de cumbre, que pueden ser dirigidos lateralmente por domos; flujos producidos por el colapso de grandes columnas eruptivas, entre otros. Algunos ejemplos se ilustran en la figura 21, donde se muestran flujos piroclásticos producidos por el derrumbe de partes del domo y de las coladas de lava del volcán de Colima, y los grandes flujos piroclásticos generados durante la erupción del volcán El Chichón en 1982 que causaron el peor desastre volcánico de la historia de México.

El único mecanismo de protección ante estos flujos es la evacuación preventiva. Por su velocidad (que puede exceder fácilmente los 100 km/h), hace muy difícil cualquier acción durante su desarrollo, ya que a lo más les toma pocos minutos recorrer las distancias que separan a poblaciones vulnerables de los volcanes activos. Los alcances máximos de los flujos piroclásticos deben estar indicados en los mapas de peligros volcánicos de cada volcán.



Fig. 21. Izquierda: Flujo piroclástico de magnitud moderada producido por el derrumbe de bloques de lava en el volcán de Colima a finales de 1998. Numerosos flujos de este tipo han motivado varias evacuaciones preventivas de poblaciones cercanas a ese volcán. Derecha: Flujo piroclásticos de gran tamaño y poder destructivo, generado durante la erupción del volcán El Chichón, el 3 de abril de 1982. Fotografías de S. De la Cruz.

Flujos de lodo (o lahares): La mezcla de bloques, ceniza y cualquier otro escombros volcánico con agua puede producir unas avenidas muy potentes de lodo y rocas, que tienen un poder destructivo similar o incluso mayor a los flujos piroclásticos, y por lo general mayor alcance, pues pueden recorrer decenas de kilómetros.

El agua que forma la mezcla puede tener varios orígenes, tales como lluvia torrencial sobre depósitos volcánicos, drenaje abrupto de lagunas, o por la entrada de flujos piroclásticos en ríos o en zonas de nieve o glaciares provocando su fusión súbita (figura 22).

Estas avenidas pueden acarrear escombros volcánicos fríos o calientes y se mueven con rapidez, erosionando e incorporando materiales de las pendientes del volcán, siguiendo las barrancas que forman su drenaje natural. Los lahares pueden desarrollarse durante o después de las erupciones, por ejemplo en la estación lluviosa que sigue a una erupción.

Los valles angostos y con cierta pendiente, pueden canalizar los lahares a través de grandes distancias. Sin un lahar llegar a un valle amplio y de poca pendiente se dispersará lateralmente formando un abanico, que aunque puede tener menor longitud, abarcará sitios fuera de la desembocadura del valle angosto.



Fig. 22. Generación de flujos de lodo o lahares. En este caso, el agua de la lluvia se mezcló con la ceniza volcánica de la erupción del Chichón de 1982, produciendo grandes cantidades de lodo que fluyeron destructivamente seis semanas después de terminada la erupción, al inicio de la estación de lluvias. Foto de S. De la Cruz.

Las velocidades de estos flujos están determinadas por las pendientes, por la forma de los cauces, por la proporción de sólidos/agua y en cierta forma por su volumen y pueden variar desde pocas decenas a más de 100 kilómetros por hora.

Los lahares pueden destruir o dañar gravemente poblados, tierras dedicadas a la agricultura y todo tipo de infraestructura, sepultando carreteras, destruyendo puentes y presas y bloqueando rutas de evacuación que podrían haber sido consideradas seguras por su relativa lejanía al volcán. También pueden depositarse formando represas y lagos de lodo que al sobrecargarse, se rompen generando un peligro adicional.

Es bien conocido el trágico caso del volcán Nevado El Ruíz, en Colombia, el 13 de noviembre de 1985, cuando una erupción relativamente pequeña originó una de las peores catástrofes volcánicas de la historia. Los flujos piroclásticos erosionaron catastróficamente el glaciar y la nieve de la cumbre del volcán, formando un lahar que, desplazándose a una velocidad media estimada en 12 m/s, arrasó varias poblaciones, incluyendo la ciudad de Armero a 55 km de distancia y causando cerca de 25,000 víctimas.

Una manera de reducir el impacto de los lahares, es por medio de diques y otras estructuras especialmente diseñadas para controlar el curso de sus flujos, y reducir su energía de movimiento. En Japón esta tecnología se ha desarrollado en gran medida y se denomina ingeniería "Sabo".

Derrumbes y deslizamientos: Los edificios volcánicos están formados por los depósitos de materiales emitidos en erupciones pasadas, y por lo general no son estructuras muy firmes. Una erupción o un terremoto pueden provocar la fractura y el derrumbamiento del material acumulado en las partes altas del volcán y producir una gran avalancha de escombros. Este tipo de avalancha por lo general llega a ser muy destructiva, dependiendo de la cantidad de material involucrado, de la altura a la que se origina y de la topografía del terreno.



Fig. 23b. Foto del derrumbe del edificio volcánico del Monte Santa Elena en E.U.A., el 19 de mayo de 1982. Foto de Lyn Topinka.



Fig. 23a. Una caldera abierta de unos 5 km de diámetro rodea al actual cono del volcán de Colima. Esa caldera ha resultado de varias erupciones que han causado derrumbes del edificio volcánico. Foto de la SCT.

Por ejemplo, el volcán de Colima tuvo una gran erupción hace 4300 años que produjo el colapso del cono volcánico existente entonces. La fig. 23a muestra el cráter en forma de caldera abierta

que han dejado ese tipo de erupciones y que rodea al actual volcán de Colima. Otro ejemplo reciente de este tipo de manifestación se pudo observar en la erupción del volcán Mt. Saint Helens, en el estado de Washington, E.U.A. del 18 de mayo de 1982 (fig 23b).