

## El Fenómeno Volcánico

Las erupciones volcánicas resultan del ascenso del magma que se encuentra en la parte interna de un volcán activo. Cuando el magma se acerca o alcanza la superficie, pierde todos o parte de los gases que lleva en solución, formando gran cantidad de burbujas en su interior. Las erupciones son entonces emisiones de mezclas de magma (roca fundida rica en materiales volátiles), gases volcánicos que se separan de este (vapor de agua, bióxido de carbono, bióxido de azufre y otros) y fragmentos de rocas de la corteza arrastrados por los anteriores. Estos materiales pueden ser arrojados con distintos grados de violencia, dependiendo de la presión de los gases provenientes del magma o de agua subterránea sobrecalentada por el mismo.



**Fig. 11.** Vista del volcán Popocatepetl desde Atlixco, Puebla.



**Fig. 12.** Erupción explosiva del Volcán Etna, Italia, 2002.

Cuando la presión dentro del magma se libera a una tasa similar a la que se acumula, esto es, cuando el magma puede liberar los gases en solución en forma equilibrada, el magma puede salir a la superficie sin explotar. En este caso se tiene una **erupción efusiva**. La roca fundida emitida por un volcán en estas condiciones sale a la superficie con un contenido menor de gases y se llama **lava**. Comúnmente, las lavas recién emitidas se encuentran en el rango de temperaturas entre 700 y 1200 °C, dependiendo de su composición química. Si el magma acumula más presión de la que puede liberar, las burbujas en su interior crecen hasta tocarse y el magma se fragmenta violentamente, produciendo una **erupción explosiva**.

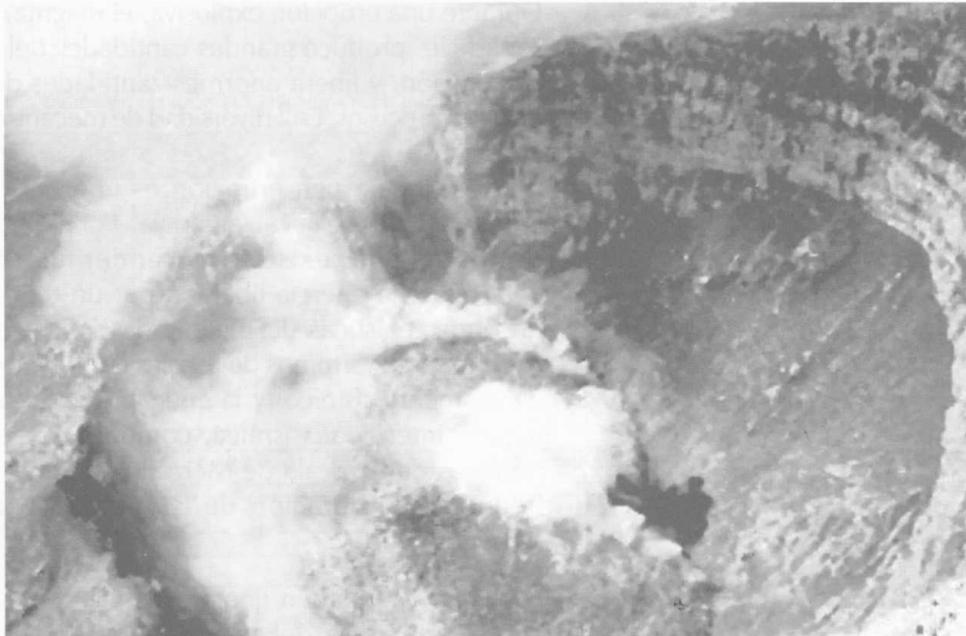
Todas las rocas que se han formado a partir del enfriamiento de un magma se llaman **rocas ígneas**. Cuando el enfriamiento tuvo lugar en el interior de la tierra, y las rocas fundidas no llegaron a emerger a la superficie, se llaman **rocas ígneas intrusivas**. Cuando la roca se ha formado a partir del enfriamiento de lava en la superficie, se denomina **roca ígnea extrusiva**. A todas las rocas que han sido producidas por algún tipo de actividad volcánica, sean intrusivas o extrusivas, se les llama rocas volcánicas. Pero no todas las rocas ígneas son volcánicas. Existen grandes masas de rocas ígneas intrusivas, denominadas plutónicas, que se han enfriado a gran profundidad, sin estar asociadas a ningún tipo de actividad volcánica. Algunas de las rocas plutónicas más comunes son, por ejemplo, ciertos tipos de granito.

Una emisión de material rocoso y gases a alta temperatura, esto es, una erupción volcánica, puede desarrollarse de diversas formas. Cuando la erupción resulta de la acción directa del magma o de gases magmáticos, se tiene una **erupción magmática**. Las erupciones pueden resultar también del calentamiento de cuerpos de agua por la cercanía de magma o por interacción con gases magmáticos. Cuando un cuerpo de agua subterráneo o acuífero es sobrecalentado por efectos magmáticos, la erupción generada por la expansión del vapor de agua se denomina **erupción freática**. Este tipo de erupciones generalmente produce explosiones de vapor de agua que lanzan fragmentos de la roca sólida «vieja» que encierra el volumen sobrecalentado. En algunos casos, este tipo de erupciones puede emitir también productos magmáticos mezclados con los de la erupción de vapor. Si este es el caso, la erupción se denomina **freatomagmática**.

Cuando una erupción efusiva se desarrolla lentamente y la lava emitida es muy viscosa, se puede formar una estructura en forma de cúpula a la que se llama **domo** (fig. 13), que puede crecer hasta cubrir por completo el cráter. La actividad más reciente de los volcanes Popocatepetl y Colima ha estado caracterizada por la formación y destrucción de domos de lava.



**Fig.14 y 15.** Domo de lava del volcán Colima, México, 2003.



**Fig. 13.** Domo volcánico en crecimiento en el interior del cráter del Popocatepetl. Foto: José A. Cortés.

Los materiales rocosos fragmentados emitidos por una erupción, lanzados en forma sólida o líquida, se denominan **piroclastos**. Qué tan fina sea la fragmentación de los piroclastos depende de la intensidad de la erupción explosiva. Estos, al depositarse en el suelo, pueden cementarse por varios procesos, tales como solidificación por enfriamiento si venían fundidos, o por efecto del agua, etc. Los piroclastos cementados forman las **rocas piroclásticas**. Una forma genérica de referirse a los productos piroclásticos, cualesquiera que sea su forma, es **tefra**. A los fragmentos de tefra con tamaño entre 0.004 mm y 2 mm se les llama **ceniza volcánica**, a los que tienen entre 2 mm y 64 mm **lapilli**, y los mayores de 64 mm se les denomina **bloques o bombas** dependiendo de su morfología. El magma, antes de emerger en una erupción, se acumula bajo el volcán a profundidades de unos cuantos kilómetros en una **cámara magmática**.



Fig. 16. Flujo piroclástico en el volcán Colima, México, 2003

Las erupciones explosivas pueden producir densas columnas de tefra que ocasionalmente penetran la estratosfera y alcanzan alturas superiores a los 20 km; estas son las **columnas eruptivas**.

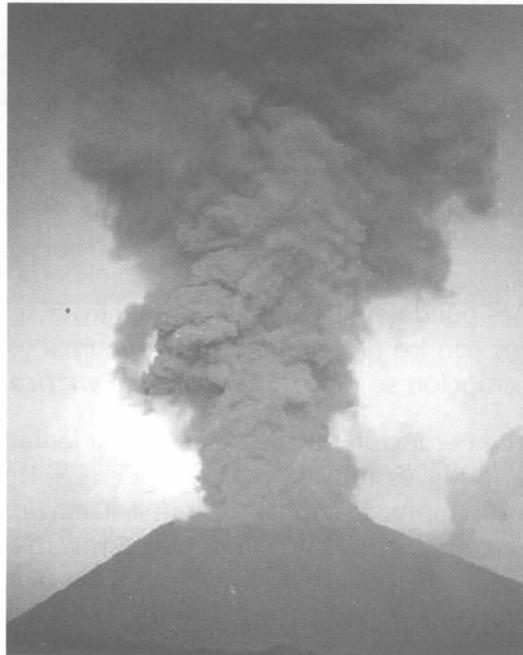


Fig. 17. Columna eruptiva del volcán Etna, Italia, 2002

Durante una erupción explosiva, el magma, al alcanzar la superficie, produce grandes cantidades del gas que traía en solución, y libera enormes cantidades de energía por diversos procesos. Esta diversidad de mecanismos presentes en la erupción hace difícil medir su tamaño. Así, la medida del tamaño de una erupción es uno de los problemas fundamentales de la vulcanología. Por ejemplo, en el caso de los sismos, existen herramientas precisas para determinar la energía liberada por un temblor en forma de ondas elásticas (la magnitud sísmica, generalmente expresada en términos de escalas como la de Richter, o la de momento sísmico) y la energía que llega a una cierta región (intensidad sísmica, comúnmente expresada en términos de la escala de Mercalli) midiendo la amplitud, frecuencia y duración de las señales registradas por sismógrafos.

Los volcanes pueden liberar energía como calor (por la alta temperatura del magma emitido), como energía cinética (energía de movimiento de los fragmentos lanzados), energía sísmica, etc.

La forma como se reparte esta energía varía en cada erupción, aun tratándose del mismo volcán, lo que hace muy difícil cuantificarla. Walker (1980) sugirió que se necesitan cinco parámetros para caracterizar adecuadamente la naturaleza y tamaño de una erupción explosiva: **Magnitud de masa** es la masa total del material emitido; **Intensidad** es la razón a la que el magma es expulsado (masa/tiempo); **Poder dispersivo** es el área sobre la cual se distribuyen los productos volcánicos y está relacionada con altura de la columna eruptiva; **Violencia** es una medida de la energía cinética liberada durante las explosiones, relacionada con el alcance de los fragmentos lanzados; y **Potencial destructivo** es una medida de la extensión de la destrucción de edificaciones, tierras cultivables y vegetación, producida por una erupción.

En 1955 Tsuya definió una escala de magnitudes basada en el volumen de los distintos tipos de materiales emitidos. La **Escala de Tsuya** se incluye en la tabla 2. En 1957 Yokoyama y en 1963 Hédervari, propusieron extender las escalas de volumen a una **Escala de magnitud de energía**, basada en la relación de proporcionalidad directa entre la masa del material emitido, su volumen y la energía

liberada. Recientemente, De la Cruz-Reyna (1990) definió una escala de magnitudes basada en la relación entre el tamaño de las erupciones y su tiempo medio de recurrencia.

Actualmente, una de las formas más aceptadas de cuantificar las erupciones explosivas (forma que no es válida para las erupciones efusivas) es la escala del índice de explosividad volcánica (VEI, por sus siglas en inglés). Esta escala fue definida por Newhall y Self en 1982, y es una escala compuesta donde se toman en cuenta diversas características de una erupción mencionadas arriba: el volumen de magma emitido, la energía térmica liberada, el alcance de los productos fragmentados, el grado de destrucción causada, la altura de la columna eruptiva, la duración de la erupción, etc. La tabla 2 muestra la escala VEI en términos de algunos de los parámetros eruptivos relevantes.

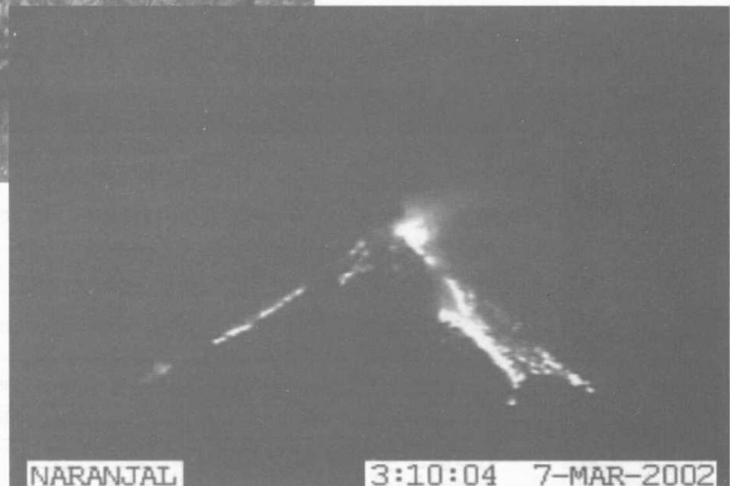
**Tabla 2.** Índice de Explosividad Volcánica (VEI, por sus siglas en inglés). Adaptado de Newhall y Self (1982)

CRITERIO VEI	0	1	2	3	4	5	6	7	8
<b>Descripción</b>	No explosiva	Menor	Moderada	Moderada Grande	Grande	Muy Grande	→		
Volumen emitido (m <sup>3</sup> )	<10 <sup>4</sup>	10 <sup>4</sup> -10 <sup>6</sup>	10 <sup>6</sup> -10 <sup>7</sup>	10 <sup>7</sup> -10 <sup>8</sup>	10 <sup>8</sup> -10 <sup>9</sup>	10 <sup>9</sup> -10 <sup>10</sup>	10 <sup>10</sup> -10 <sup>11</sup>	10 <sup>11</sup> -10 <sup>12</sup>	>10 <sup>12</sup>
Escala de Tsuya	I	II-III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	-----
Altura de Columna (km)	<0.1	0.1-1	1-5	3-15	10-25	>25	→		
Cualitativo	suave y efusiva	explosiva		severa		cataclismo	paroxismo		→
Clasificación	hawaiana			stromboliana		pliniana	ultrapliniana		
Duración de la Fase Explosiva (hrs)	<1		1.6				>12		
Inyección Troposférica	mínima	menor	moderada	sustancial	→				
Inyección Estratosférica	nula	nula	nula	posible	definida	significativa		→	

Los materiales emitidos durante una erupción de cualquier tipo pueden causar diferentes efectos sobre el entorno, dependiendo de la forma como se manifiestan. Las principales manifestaciones volcánicas son:

**Flujos de lava:** La roca fundida emitida por una erupción efusiva desde un cráter superior, algún cráter secundario o desde una fisura en el suelo, puede avanzar como lenguas o coladas de lava con velocidades que dependen de la topografía del terreno, y de su

composición y temperatura, pero que por lo general son bajas (fig. 18). Esto permite a la gente ponerse a salvo y contar con tiempo suficiente para desalojar sus bienes. Sin embargo, los terrenos y las construcciones invadidas por la lava son destruidos y difícilmente pueden volver a ser utilizados. Esta manifestación se pudo estudiar con mucho detalle durante la erupción del Parícutín (fig. 4). Este volcán nació el 20 de febrero de 1943 en Michoacán. En los primeros días de 1944, un flujo de lava que tardó tres días en desplazarse desde el volcán, alcanzó al pueblo de Parícutín, a una velocidad de unos 30 m/h, cubriéndolo por completo. En mayo de 1944, San Juan Parangaricutiro también fue alcanzado por otro flujo similar, que se desplazaba a 25 m/h, destruyéndolo casi en su totalidad.



**Fig. 18.** Flujos de lava en el volcán de Colima. Este tipo de actividad efusiva se inició desde 1960 y continúa en el presente. Los episodios de actividad efusiva se alternan con episodios de erupciones explosivas. La foto de arriba muestra uno de los flujos de lava que se formaron en 1976 (Foto de S. De la Cruz). A la derecha una foto del sistema de monitoreo volcánico de la Universidad de Colima de los flujos de lava del marzo de 2002.