

LAS MANIFESTACIONES VOLCÁNICAS

Otro de los fenómenos normales espectaculares de la naturaleza son las manifestaciones volcánicas. Generalmente, al referirnos a la actividad volcánica, hacemos una asociación con grandes cantidades de fuego o de materiales en ignición que irrumpen violentamente en la superficie del planeta. Esa imagen es válida sólo para un tipo de manifestación volcánica, según veremos. Por esto, antes de conocer con más detalle el vulcanismo, en relación con catástrofes naturales, trataremos de concretar su definición a fin de que nos sirva como marco de referencia.

La actividad volcánica o vulcanismo comprende todos los fenómenos por los cuales el magma o sus componentes, procedentes de las profundidades, llegan a la superficie, sea en estado gaseoso, líquido o sólido, generalmente, con algún tipo de manifestación térmica observable.

El vulcanismo incluye una gama de manifestaciones, formas y productos volcánicos, tales como: las emanaciones (fumarolas, solfataras, y otros), que son manifestaciones gaseosas; los manantiales de agua caliente, enriquecidos mineralógicamente y que se denominan fuentes hidrotermales (termas, géiseres y similares).

También hay un tipo de vulcanismo denominado intrusivo, que puede afectar superficies de varios miles de kilómetros cuadrados. En esta manifestación, el ascenso del magma es extraordinariamente lento (centímetros por año), por lo cual no llega a derramarse en la superficie ya que, a algunos kilómetros de profundidad, gracias a su lentitud de ascenso, llega a solidificarse totalmente. Por esto, no es espectacular en el corto tiempo, ya que su efecto estriba en elevar los materiales que se encuentran sobre él, quedando al descubierto solo cuando los procesos erosivos eliminan los materiales que elevó.

Casi todas estas manifestaciones tienen usos benéficos para el hombre, en aspectos como pueden ser: la extracción minera, la medicina, los recursos energéticos y otros.

Hemos querido dar apenas una somera idea sobre las manifestaciones volcánicas. Para mejorar la imagen inicialmente expresada y dado que el objetivo de este número de *BIOCENOSIS* es dar a conocer los fenómenos que provocan catástrofes naturales, en las páginas siguientes nos referiremos esencialmente a aquellos que se circunscriben al denominado *vulcanismo extrusivo*, o sea, aquel tipo de manifestación que mediante un conducto central o por una fi-

sura permite la llegada de magma o de sus componentes a la superficie, con algún grado de violencia y altas temperaturas.

¿QUÉ ES EL MAGMA?

Para comprender en forma más adecuada la mecánica y el origen de los materiales volcánicos, es necesario conocer algunos aspectos referentes al material que provoca la erupción, llamado magma.

Sabemos que las rocas son un agregado de minerales, entre los cuales el más importante es el sílice. Este, así como otros minerales, es mal conductor del calor, el cual al acumularse, finalmente llega a fundir las rocas con la ayuda del vapor de agua a una alta presión. Se trata de un fluido natural muy caliente, formado bajo la superficie de la Tierra en profundidades que van de los 10 a los 700 Km. En su composición inicial están los minerales que forman las rocas además de gases que, por las presiones, se encuentran licuados en la misma solución. Estos gases, así como algunos otros componentes, se volatilizarán cuando el magma comience a ascender y junto al vapor de agua que se genere, juegan un papel muy importante en la mecánica y en las características que presenten las erupciones volcánicas.

Sobre la fuente energética o de calor que permite la formación del magma existen varias teorías y lo más probable es que no halla una sola explicación para el origen de todas las erupciones volcánicas, de allí que se considera conveniente mencionar en forma sucinta las más importantes:

a) **La mecánica de placas** ya analizada, tanto respecto del choque y roce de dos placas que generan energía, como en cuanto al rompimiento de bloques para originar dos placas entre las cuales se desarrollan las dorsales oceánicas eminentemente volcánicas. En este

segundo caso, parece haber una muy estrecha vinculación con la presencia de una corriente de convección en su parte ascendente que aportaría el calor, proveniente del interior terrestre.

b) **La radioactividad.** Todas las rocas tienen alguna proporción de elementos radioactivos. Al estar sometidas a altas temperaturas y presiones internas, podría acelerarse el proceso natural de descomposición atómica, liberándose suficiente energía capaz de fundir las rocas, originando así el magma.

c) **Espesor de la columna de rocas.** Se basa en la enorme presión que ejercen sectores de la misma corteza, que pueden tener un espesor de poco más de 60 km. El peso de todas esas rocas, en ocasiones, sería capaz de fundir las de la base, originándose por este procedimiento el magma.

Los magmas son diferentes en cuanto a su viscosidad, lo cual depende especialmente de la temperatura a que se encuentren sus componentes, de la proporción de elementos volátiles y de vapor de agua.

Como se indicó, la presencia de estos últimos dos componentes es muy importante, ya que el magma asciende, en parte por la dilatación propia de los cuerpos al elevar su temperatura, pero la razón fundamental es la presencia de abundantes cantidades de vapor de agua lo que hace al volcán tener un comportamiento similar al de una máquina de presión hidráulica. El magma al llegar a la superficie del planeta recibe el nombre de lava.

LA ERUPCIÓN

Aunque luego veremos que no todas las erupciones volcánicas son iguales, trataremos de

indicar aquí aquellos aspectos que son más o menos comunes a estas. De acuerdo con lo ya indicado, el magma ascenderá cuando se den las condiciones favorables para ellos, particularmente en cuanto a presión y temperatura, además de la presencia de abundantes elementos gaseosos. Como no existe magma en forma permanente bajo un volcán, las erupciones tampoco pueden ser un fenómeno permanente y más bien representan pequeños momentos si se comparan con el período de vida que en cuanto a forma tiene normalmente un edificio volcánico.

Originado el magma, los materiales volátiles deben ser capaces de ejercer una presión hacia la superficie, a manera de un émbolo. Para que el magma pueda ascender debe abrirse paso entre los materiales que se encuentran sobre este. Esto se va a realizar aprovechando las áreas de fracturas preexistentes que, en el caso de los edificios volcánicos, reciben el nombre de chimenea (principal y secundaria). La chimenea siempre está obstruida total o parcialmente por el magma que se solidificó en esta en la erupción anterior, por lo que la presión interna provocará nuevas quebraduras, que serán percibidas como pequeños sismos alrededor del edificio volcánico, o como ruidos igualmente perceptibles; la penetración del magma en el edificio provocará deformaciones en este y puede suceder que el volcán se hincha y deshinch. Puede percibirse también un aumento de la temperatura en manifestaciones líquidas y gaseosas preexistentes, así como el aumento de la emisión de gases.

Aun cuando el proceso eruptivo se ha iniciado, la erupción propiamente dicha se produce solamente a partir del momento en que la presión interna es capaz de volar la parte superior de la columna de magma que obstruía la chimenea lo que, de producirse, se manifiesta como un estampido y la proyección al aire de una gran cantidad de materiales, entre los cuales hay lavas, piroclastos y

magma de procesos eruptivos anteriores; lava y piroclastos de la erupción en desarrollo; gases y diversas cantidades de vapor de agua.

Los piroclastos más finos como arenas y cenizas, junto con los materiales volátiles pueden ser lanzados a más de 10 000 metros de altura sobre el volcán y por acción del viento ser distribuidos a decenas de kilómetros de distancia.

Igualmente, por la violencia eruptiva y abundante presencia del vapor de agua, se pueden formar cúmulonimbos (nube de tormenta) sobre el edificio volcánico, gestándose intensas precipitaciones acompañadas de relámpagos, rayos y truenos. El fenómeno puede revestir diversas peculiaridades, según se verá y su duración dependerá de la permanencia de las presiones y energía interna.

¿QUÉ LANZAN LAS ERUPCIONES VOLCÁNICAS?

Antes se indicó que las características que presenta una erupción están supeditadas, en gran medida, a la existencia de gases y vapor de agua.

Efectivamente, la presencia de estos componentes se usa como uno de los criterios para clasificar las erupciones en la forma siguiente:

- a) **Erupciones efusivas:** en las que la presencia de gases y vapor de agua es relativamente escasa, por lo cual la lava sale a borbotones y aunque hay pequeñas explosiones, la lava domina y su viscosidad dependerá de la temperatura, pudiendo recorrer varios kilómetros, si su temperatura es superior a los 1000 °C. Están tipificadas por las erupciones llamadas de tipo hawaiana.
- b) **Erupciones explosivas:** en las que por la significativa presencia de gases y vapor de agua lo característico son las explosiones y, por ende, la eyección de abundantes cantidades de materiales piroclásticos, aun cuando pueden

estar presentes las lavas. Según la relación explosiones-lava, se pueden distinguir en este grupo, tres tipos de erupciones: Stromboliana, Vulcaniaca y Peleana.

- c) **Erupciones freáticas:** en las que el agua y, en particular, el vapor de agua dominan claramente sobre los otros componentes. Aunque puede haber pequeñas emisiones de piroclastos y lavas, lo característico es que se originen enormes nubes de vapor (entremezcladas con gases y cenizas) que, por la forma que toman durante el proceso de emisión, reciben el nombre de plumas.

De acuerdo con esto, existe una gran variedad de materiales que son emitidos en una erupción volcánica; los más importantes son los siguientes:

- a) **Lavas:** el punto medio de fusión de las rocas es de 750 °C por lo cual si el magma llega a la superficie con temperaturas superiores, dará origen a una lava capaz de escurrir por la superficie, aun cuando no existan pendientes. Si la lava está muy cerca de los 750 °C estará prácticamente solidificada, por lo cual su capacidad de escurrimiento será muy escasa y se depositará en lugares muy cercanos al lugar de emisión, originando pendientes empinadas. Por este motivo y dependiendo del valor de la pendiente y las características topográficas, la velocidad de las lavas es muy variable y puede ser de unos metros por hora hasta unos 20 km por hora. Siempre que se presenten en forma de lenguas podrían permanecer con temperaturas elevadas hasta varios meses, después de producida la erupción.
- b) **Piroclastos:** etimológicamente, piedras de fuego. Se ubican aquí todos los materiales volcánicos que son expelidos en estado sólido, generalmente por explosiones. Estos

materiales pueden ser desde partículas finamente trituradas, como el polvo y ceniza volcánica que, llevados por el viento, pueden alcanzar distancias enormes, hasta los bloques, que pueden pesar varias toneladas y que después de describir una ruta parabólica se depositan relativamente cerca del cráter.

El polvo, la ceniza, las arenillas y arenas volcánicas son producto de la pulverización de la lava por causa de explosiones de particular violencia. Si al caer aun se encuentran en estado incandescente, pueden cohesionarse, formando una masa compacta denominada toba volcánica.

Los bloques son materiales sólidos que no se han roto en el momento de la caída. Aquí se ubican las gravas, gravillas, lapillis y bloques propiamente dichos. A excepción de los últimos, son piedrecitas que, generalmente, no sobrepasan los 5 cm, pero una lluvia considerable de estos materiales, así como de los más finos, antes indicados, puede provocar destrozos enormes.

Con tamaños variables intermedios se encuentran las bombas volcánicas, trozos de lava aún en estado pastoso que, al salir girando, van tomando una forma de almendra estirada en las puntas, las que por lo mismo, adquieren una forma aerodinámica.

- c) **Gases y vapor de agua:** en toda erupción se produce una emisión importante de gases, entre los que dominan los de componentes sulfurosos, pero también hay emisión de gases nobles y hasta de los más simples como el hidrógeno. Algunos de estos gases, a veces, dan mayor espectacularidad a la erupción por las combustiones que originan; porque las concentraciones con que se emiten son altamente peligrosas.

El vapor de agua es el otro elemento que, en mayor o menor medida, está presente en todas las erupciones, originando nubes convectivas y precipitaciones, a veces, de grandes proporciones.

- d) **Otros tipos de eyecciones**, entre las cuales tenemos: piedra pómez o pumitas; nubes ardientes, formadas por emisiones de cenizas incandescentes con alta densidad, por lo cual tienden a deslizarse por los cauces naturales de los flancos del edificio volcánico, cobrando velocidades de más de 100 km/hora lo que sumado a las muy elevadas temperaturas y altísima concentración de gases, les da un poder enormemente destructivo; lahares o avalanchas de barro, que tienen también un enorme poder destructivo, según lo veremos en la sección destinada a los fenómenos de remoción en masa.

LAS FORMAS DE LOS VOLCANES

Hemos visto que la parte superficial de nuestro planeta es muy delgada, por lo cual muchos autores la denominan la epidermis de la Tierra. Siguiendo el símil, los volcanes vienen a ser como los poros de la piel. Según esto, tienen diversas formas y tamaños, de acuerdo con los procesos estudiados que los generan.

No toda la actividad eruptiva se realiza por medio de un edificio volcánico, ya que también se puede desarrollar por grietas. De allí que a las primeras se les denomine de tipo central, en tanto que a las segundas se les llame de tipo fisural.

Los estudios indican que la actividad eruptiva normalmente comienza por una grieta y luego, en la medida en que los materiales volcánicos se van apilando en torno a esta, toma forma de uno a varios edificios volcánicos. El edificio volcánico puede medir desde algunos centenares de metros,

si la actividad ha sido muy breve y poco intensa a algunos kilómetros de altura, si la intensidad ha sido significativa y a lo largo de miles de años.

Se pueden distinguir básicamente dos grandes tipos de formas de los volcanes:

- a) **la de escudo** (como un plato invertido), que corresponde a edificios constituidos, en forma dominante, por sucesivas capas de lavas que en su emisión tenían una gran fluidez; y
- b) **la de cono** que, comprendiendo varios tipos, corresponde a un edificio volcánico constituido en forma dominante por piroclastos y emisiones de lava muy viscosas. Otra forma de clasificar los volcanes, es de acuerdo con los que presentan actividad y los que no. Según esto, se denomina volcanes activos a todos aquellos sobre los cuales existe información (no necesariamente escrita) en el sentido de que han tenido actividad en tiempos históricos. Por eliminación, el resto se denominan volcanes no activos, apagados, dormidos o extintos.

La experiencia nos ha demostrado que la actividad eruptiva se inicia, en algunas ocasiones, en ciertas formas que reciben el nombre de cerro, pico, colina, y otros, de los que, hasta ese instante no se sospecha que se tratase de una estructura volcánica. Por este motivo, es recomendable hablar de volcanes y vulcanismo latente para designar aquel del cual no se tiene pruebas de actividad en épocas históricas

¿DÓNDE SE PRODUCEN LAS ERUPCIONES VOLCÁNICAS?

Las erupciones volcánicas no se originan al azar y tampoco en cualquier parte de la superficie terrestre. Según hemos visto, deben concurrir una serie de hechos para que, de acuerdo con alguno

de los mecanismos ya indicados, se genere el magma y se alcance una presión suficiente capaz de hacerlo ascender hasta la superficie del planeta.

De acuerdo con esto, son algunas áreas, tanto en los fondos oceánicos como en las tierras emergidas, las que presentan características para que los fenómenos eruptivos puedan darse. Estas corresponden básicamente a largos planos en los que:

- a) las placas están colisionando (compresión) o
- b) en donde se están fracturando y alejando (distensión).

Entre las primeras se encuentran: el Círculo de Fuego del Pacífico (incluida la América Central); el eje de sistemas montañosos terciarios de Europa Central y Sur, que se extiende hasta el sector de Beluchistán, en Asia; y el Gran Rift (fractura) Africano, que se extiende desde el mar Muerto hasta Madagascar.

Entre las segundas tenemos: la dorsal mesopacífica; la dorsal atlántica, las dorsales del Índico occidental y oriental. Es, en estos sectores, donde se concentra casi todo el vulcanismo activo de nuestro planeta. De allí lo importante que resulta para los pobladores que viven en estas áreas, conocer adecuadamente este tipo de fenómenos, porque forman parte del paisaje natural de estas.

EFFECTOS DE LAS ERUPCIONES

Dada la gama de erupciones y productos volcánicos, los efectos son también diversos e incluso con el tiempo pueden dejar de ser perjudiciales y transformarse en benéficos.

En general, el sector afectado por una erupción es el que corresponde al lugar de la erupción y el área cercana; en la medida en que aumenta la distancia al foco de la erupción, los efectos van

disminuyendo rápidamente. De allí que pueda decirse que las áreas que ocupan los edificios volcánicos son áreas de riesgo potencial permanente.

Los principales efectos de las erupciones volcánicas pueden sistematizarse en la forma siguiente:

- a) **Materiales lávicos.** La corriente de lava semeja la de un río de lento escurrimiento; por lo mismo y especialmente si es muy fluida, tiende a deslizarse por sectores bajos y cauces preexistentes. Por las altas temperaturas (mínimo 750 °C), provoca incandescencia y combustión en objetos que se encuentran hasta unos 100 m de distancia. En su avance, son emitidas salpicaduras de lava al reventar las grandes burbujas. Estas salpicaduras pueden alcanzar varias decenas de metros. El paso de una colada significa la destrucción total de lo existente en el curso que siguió. Sin embargo, al cabo de algunos decenios servirá de roca madre para la formación de nuevos suelos en ese lugar.
- b) **Materiales piroclásticos.** Estas piedras de fuego de todos tamaños son emitidas en estado incandescente y normalmente se acumulan en el edificio volcánico, concentrándose alrededor del cráter. Sin embargo, dependiendo, por ejemplo, de la velocidad y dirección del viento, así como de la dirección en que se produce la ruptura del tapón del cráter, pueden alcanzar distancias más lejanas y si la erupción es lo suficientemente violenta puede lanzar cenizas hasta la estratosfera y repartirse por todo el globo, como una delgada película, capaz de hacer disminuir la temperatura del planeta.

Los bloques de mayor tamaño (de varias toneladas de peso) caen generalmente cerca del cráter, pero pueden rodar por pendientes y topografía favorable, provocando peque-

ñas avalanchas. Los materiales más pequeños pueden alcanzar acumulaciones significativas capaces de hundir los techos de diversos tipos de construcciones; obturar drenajes, desagües, cauces. En particular, las cenizas y el polvo volcánico pueden provocar problemas respiratorios serios, especialmente en personas con dolencias o dificultades en las vías respiratorias y cuando hay una larga exposición a la inhalación, pueden manifestarse efectos hasta varios años después del suceso

Cuando las cenizas son abundantes y cubren grandes extensiones, puede significar la muerte de la cobertura vegetal y de cultivos y, por consiguiente, la de los animales que viven en estas. Si además se producen precipitaciones, la ceniza se transforma en una especie de pasta muy viscosa que impide el desplazamiento del ganado y puede provocar su muerte por este motivo. A los pocos años, las cenizas que cubrieron el área de la erupción se transforman en un elemento renovador del suelo, con la incorporación de los elementos minerales constitutivos de la ceniza volcánica

- c) **Materiales gaseosos.** Todas las emanaciones gaseosas de las erupciones son peligrosas y la mayoría mortales, cualesquiera sea el tipo de erupción, particularmente dos de ellas: las nubes ardientes y las ignimbritas. Las primeras, emitidas generalmente por un volcán; las segundas, por grietas, tienen los efectos ya indicados para los materiales anteriores, pero se ven acrecentados por el hecho de que su alta densidad les hace comportarse como fluidos, lo que les permite alcanzar grandes velocidades, si encuentran pendientes favorables, impidiendo por esto que se puedan tomar medidas precautorias en la emergencia.

- d) **Otros materiales.** Corresponden a las denominadas avalanchas de barro o lahares que configuran otro grupo, por cuanto no se originan directamente de la erupción, según se verá en la parte correspondiente.

LA PREDICCIÓN DE LAS ERUPCIONES VOLCÁNICAS

Hasta el momento no existe una técnica que permita predecir con exactitud la ocurrencia de una erupción volcánica. Sin embargo, desde hace muchos años, se han instalado observatorios vulcanológicos, en diversos volcanes del mundo, equipados con una serie de aparatos que han venido recogiendo valiosa información, lo que ha permitido, en algunos casos, predecir una erupción en forma exacta, vale decir, el momento en que se iniciaría la actividad en la superficie y el lugar por donde saldrían emitidos los materiales.

En Costa Rica, desde 1974 se comenzó a trabajar en forma sistemática en este campo y en la actualidad se cuenta con una red de instrumentos telemétricos que persiguen el objetivo mencionado.

En todo caso, es de fundamental importancia indicar que los volcanes tienen comportamientos individuales, por lo cual es necesario hacer un seguimiento permanente de cada uno, más o menos a la manera de la ficha clínica de un paciente, ya que si bien es cierto hay algunos rasgos que son comunes a todos, existen otros que les individualizan. Por esto, es importante también realizar las investigaciones del pasado de los volcanes, para determinar en mejor forma las características que los tipifican. Con estas informaciones y otros conocimientos es posible elaborar, por ejemplo, ma-

pas de riesgo volcánico, determinando para cada área los posibles efectos que las erupciones provocan.

En todo caso, las investigaciones han podido establecer una serie de manifestaciones que preceden a una erupción volcánica y que permiten a la población y a las autoridades tomar las medidas del caso. Entre las más significativas están:

- a) Temblores en el edificio volcánico y alrededores, con aumento paulatino de la intensidad (van siendo más fuertes), así como de la frecuencia (va disminuyendo el tiempo entre uno y otro). Esto es producto del lento ascenso del magma y puede iniciarse semanas y hasta meses antes de que el proceso eruptivo llegue a su clímax.
- b) Ruidos subterráneos perceptibles en el área del volcán. También deben su origen al ascenso del magma. A veces son como ruidos sordos y, en otras ocasiones, como traquidos secos de algo que se quiebra.
- c) Resquebrajamiento de escarcha, hielo o nieve si la hay, hasta que finalmente se derrite.
- d) Aumento de la temperatura en las corrientes de agua que nacen en el volcán o están adyacentes a este. Algunos cursos de agua pueden secarse o subir su temperatura a tal punto que es posible observar algún grado de evaporación en estas. El aumento en la temperatura del suelo puede provocar la muerte del manto vegetal.

- e) Comportamiento anormal de los animales al percibir vibraciones, no captadas por el ser humano.
- f) Inicio de la emisión de fumarolas o, si existían, aumento de la intensidad del flujo de emisión y hasta cambio de su coloración habitual.
- g) Hinchazones y deformaciones en el edificio volcánico; a veces afectan a todo el edificio y es posible medirlas y determinar sus pulsaciones, por medio de un instrumento denominado *climómetro* o *tiltmeter*. En un nivel más pequeño es posible percibir cambios en las pendientes de algún sector del volcán y hasta la formación de pequeños cerros.
- h) Finalmente, ya cerca del clímax eruptivo, se producen pequeñas explosiones y hasta emisiones de cenizas y alguna cantidad de escoria, que aumentan la intensidad y la frecuencia, en la medida en que se aproxima el paroxismo eruptivo.

Conviene aclarar que no es necesario que se produzcan todos estos hechos para deducir que se producirá una erupción, ya que a veces se presentan sólo uno o dos síntomas previos, por lo cual apenas se tenga certeza comprobada de la existencia de algunos de estos hechos, lo que corresponde es dar inmediato aviso a las autoridades pertinentes.