

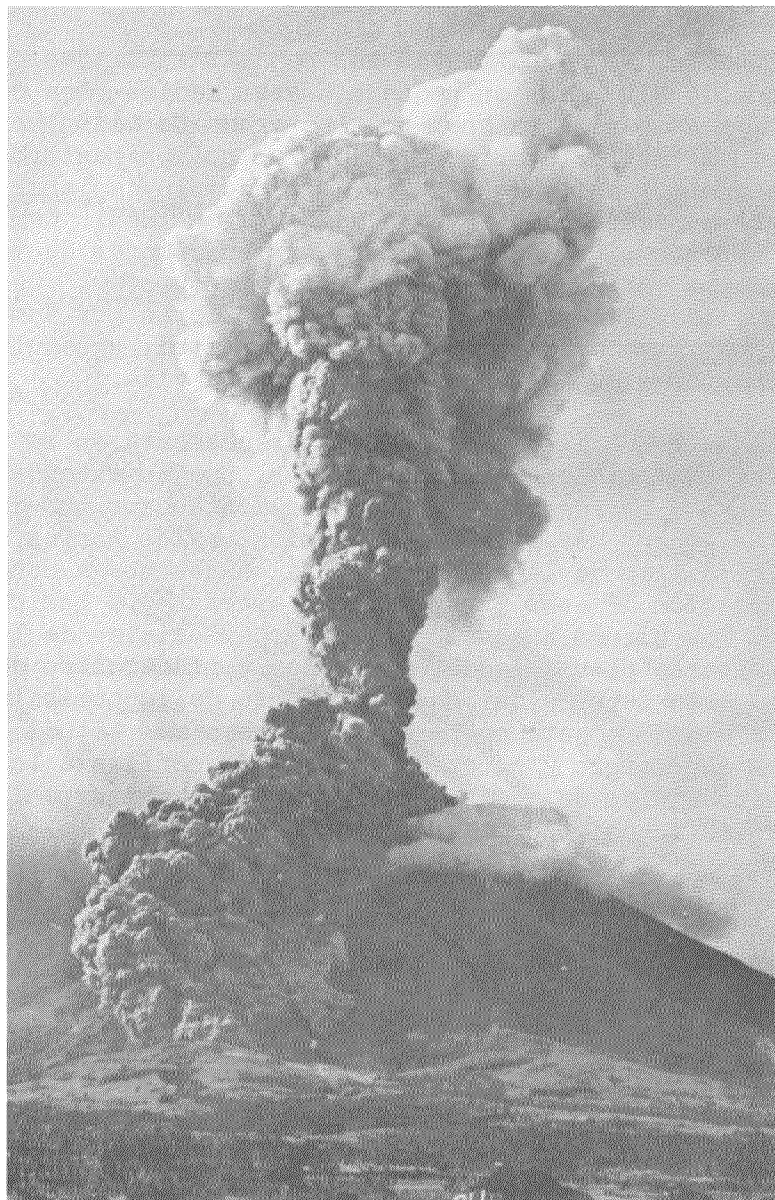


Lámina 8. - Un alud incandescente descendiendo por el flanco del volcán Mayón, Filipinas, mientras que una columna de gases y cenizas se eleva de la cumbre, durante la erupción de 1968. Los anchos abanicos de la base de la montaña se componen principalmente de depósitos de lahars más antiguos.

(Fotografía del Dainty Sruaio, Daraga, Filipinas).

de domos o de torrentes de lava que puedan causar la rápida fusión de la nieve o del hielo, o de condiciones capaces de favorecer la producción de aludes incandescentes sobre campos de nieve.

La alerta del comienzo real de un lahar sólo puede darse actualmente mediante la observación visual directa, aunque quizá puedan encontrarse métodos instrumentales en el porvenir. En el Merapi se instalaron sensores térmicos en las cabeceras de los valles para detectar el paso de lahars ardientes o de aludes incandescentes y dar la alarma. Sin embargo, no parecen haber tenido mucho éxito, y no daban alerta alguna en el caso de los lahars fríos. Incluso cuando pueda darse la alerta, el tiempo de que dispondrá la población para ponerse a salvo será, en la mayoría de los casos, de sólo unos minutos. Parece mejor intentar prever la producción probable de lahars y evacuar anticipadamente las zonas de peligro.

Mediante estructuras artificiales puede lograrse cierto grado de protección contra los lahars y de control sobre ellos. En cierta ocasión se construyeron colinas artificiales cerca de algunas aldeas indonesias, para que sus habitantes pudieran trepar a ellas y escapar a los lahars. No obstante, en general, el intervalo entre cualquier alerta y la llegada del lahar es tan breve que una persona tendría que encontrarse muy próxima a la colina y reaccionar muy rápidamente a la alerta para lograr ponerse a salvo.

Cuando las condiciones topográficas son favorables, las barreras pueden ser útiles para desviar los lahars de algunas localidades, como se ha sugerido para los torrentes de lava. Se tropezaría con muchos de los mismos problemas técnicos y jurídicos, pero el volumen relativamente menor y la menor viscosidad de la mayoría de los lahars debería hacerlos más fáciles de dirigir. En 1969 se construyó una barrera cerca del pie del Merapi para desviar los lahars de la zona de la ciudad de Blitar. Se colocaron diques en las corrientes de agua para represar los lahars en las faldas del Kelud, pero el volumen de los torrentes era demasiado grande para ser contenido por los embalses, que se desbordaron, y el avance de los lahars por el valle sólo se retrasó temporalmente. Grandell y Waldron (1969) han subrayado tanto la posible utilidad como el peligro de los grandes embalses en corrientes de agua susceptibles de ser afectadas por lahars. Si un gran embalse está casi vacío, podrá contener a la mayoría de los lahars, pero si está lleno, el lahar desplazará por encima de la presa un volumen igual de agua, produciendo una avenida que descenderá por el valle y otras consecuencias ya mencionadas al hablar de los aludes incandescentes que penetran en embalses. Cuando existan esos embalses grandes, parece conveniente estimar el volumen de los lahars que puedan producirse y, si se observan condiciones capaces de producir lahars, drenar los embalses hasta un nivel que les permita contenerlos.

Gases volcánicos

Los volcanes emiten gases no sólo durante las erupciones, sino comúnmente durante largos períodos después de las erupciones. Algunos campos fumarólicos han permanecido activos durante cientos de años sin ninguna actividad magmática superficial. La mayoría de las muestras tomadas de gases eruptivos contienen vapor de agua, CO_2 , CO , SO_2 , SO_3 , H_2S , HCl y HF , además de cantidades pequeñas de N_2 , Ar y otros gases inertes, pero las proporciones en las diferentes muestras variaban grandemente. En la mayoría de ellas, el agua era, al parecer, el elemento más

abundante, pero en una serie de 26 mediciones hechas en un período de 2 horas en la misma chimenea en Stromboli, en 1963, su abundancia osciló entre el 51% y 0. En 21 mediciones hechas en el Etna en 1966 y 1969, el agua varió entre más del 50% y 0, y en todas ellas el CO_2 fue, por lo menos, tan abundante (Tazieff, 1969). De igual modo, en la chimenea de la erupción de 1959 del Kilauea, de 8 muestras 6 contenían menos del 50% de agua, y una contenía sólo el 6,6% (Naughton y otros, 1963). Tazieff (1971) considera que, si se eliminan los efectos de las aguas subterráneas y de la contaminación atmosférica, el gas predominante es el CO_2 . El HCl se encuentra en cantidades muy pequeñas en los gases de las erupciones hawaianas, y no se ha encontrado HF . En cambio, ambos elementos son a menudo moderadamente abundantes en los gases de los volcanes continentales.

El agua integra por lo general más del 95% de los gases fumarólicos. De los otros gases, algunas fumarolas (sulfataras) emiten predominantemente gases sulfúreos, entre los que destaca a menudo, por su olor, el H_2S . Otras (mofetas) desprenden predominantemente gases carbónicos, y otros gases halógenos. En general, los gases de las fumarolas de elevada temperatura (superior a los 650°) contienen una proporción mayor de HCl , HF , CO , COS y H . Las mofetas tienen generalmente temperaturas inferiores a los 100° .

Los gases volcánicos plantean problemas de diversas formas. Los gases ácidos y los aerosoles formados por su combinación con el agua pueden ser arrastrados a grandes distancias por el viento desde las chimeneas o fumarolas en erupción, y quemar o marchitar las hojas de las plantas o provocar la caída de los frutos a distancias de hasta 50 km. La exposición prolongada a los gases puede producir la defoliación completa de las plantas y quizá matarlas. Los objetos metálicos sufren corrosiones y a veces son destruidos. Las lluvias ácidas quemaron la piel de las personas y dañaron las plantas y los objetos metálicos a distancias de hasta 575 km del volcán durante la gran erupción del Katmai en 1912; la ropa puesta a secar resultó dañada a distancias de más de 2.000 km. El ácido adherido a las partículas de cenizas quemó las hojas de las plantas y corroyó el metal durante la erupción de 1963-65 del Irazú, en Costa Rica. Durante las erupciones de 1947 y 1970 del Hekla, Islandia, miles de animales de pastos resultaron muertos por envenenamiento con flúor. El flúor, probablemente en forma de una solución de HF en agua, fue arrastrado al caer con las cenizas, que se adhirieron a la hierba y a otras plantas comidas por los animales. Los experimentos indicaron que una hierba con un contenido de flúor tan pequeño como 250 p.p.m. puede matar las ovejas que pastan en ella en unos días (Thorarinsson y Sigvaldson, 1973). La lluvia disuelve gradualmente el flúor, y en 1970 la región dejó de presentar peligro para el pastoreo en unas 6 semanas.

Tanto el Cl_2 como el SO_2 son venenosos, aunque el SO_2 causa probablemente la asfixia por contracción de la garganta antes de que pueda inhalarse gas suficiente para provocar el envenenamiento. Por su pesadez, el CO_2 desciende hasta el suelo y puede acumularse en las depresiones sin drenaje o, en determinadas condiciones de viento, en los valles. Es inodoro e invisible. Muchos pájaros y animales que han penetrado en esos depósitos de CO_2 han resultado asfixiados. Durante la erupción del Hekla de 1947, las ovejas reunidas en hoyas próximas al pie del volcán resultaron muertas de esa forma, pero los depósitos de gas eran tan poco profundos que los hombres podían atravesarlos sin daño. En la erupción de 1973 del Eldafell, en la isla de Heimaey, la única víctima humana fue un hombre que se refugió en un sótano lleno de CO_2 y de cantidades menores de CO y de gases sulfúricos, en la ciudad de Vestmannaeyjar.

La mayoría de las muertes, bastante raras, de hombres o animales por asfixia en depósitos de CO₂ pueden evitarse sencillamente teniendo conciencia del peligro. La falta de oxígeno suficiente para conservar la vida se descubre fácilmente con una simple bujía. Las quemaduras benignas de la piel causadas por gases ácidos pueden tratarse bien lavándolas con bicarbonato sódico. Cuando resulte inevitable que las personas queden expuestas a los gases volcánicos, las máscaras antigases ordinarias para todo uso darán ordinariamente protección suficiente, ya que por lo común hay bastante aire en la nube para mantener la vida y sólo es necesario eliminar los elementos nocivos. Para un uso prolongado, puede ser conveniente añadirles un filtro de polvo y limpiarlo de vez en cuando. Si no se dispone de máscara antigás, un pedazo de tela humedecida con agua o, mejor, con una solución débil de amoníaco (por ejemplo, vinagre u orina) sobre el rostro resulta a menudo suficiente. Como los elementos nocivos son disueltos por el agua, la tela deberá lavarse frecuentemente con agua clara. Para penetrar en concavidades profundas en que se hayan acumulado gases pesados, expulsando el aire, puede ser necesaria una máscara con depósito de aire.

El envenenamiento por flúor de cualquier número importante de animales de pastos probablemente no podrá evitarse evacuando a los animales de la zona afectada, simplemente por falta de tiempo. Pero puede prevenirse alimentando a esos animales con piensos almacenados o importados por un período suficiente para que el flúor sea lavado de la vegetación por la lluvia.

Los objetos metálicos expuestos a gases ácidos o a la lluvia ácida pueden protegerse con pinturas resistentes a los ácidos o con grasa.

La prevención o reducción de los daños causados a las plantas por los gases ácidos requiere muchos más estudios. En algunos casos puede lograrse eliminando la fuente del gas. Esto se intentó en el Masaya-Nindirí, en Nicaragua. Desde 1924, los gases emitidos por una chimenea del cráter Santiago del volcán eran arrastrados hacia el oeste (fig. 17), causando importantes daños a las plantaciones de café de la meseta nicaragüense y a las explotaciones agrícolas y a una fábrica de cemento de la costa del Pacífico. Ingenieros alemanes se encargaron de tapar la chimenea y canalizar los gases hasta el borde del cráter, donde se utilizaría para fabricar ácido sulfúrico. Se instaló cerca de un kilómetro de tubería de un metro de diámetro. Sin embargo, la chimenea consistía en una fisura alargada y, para taparla más fácilmente, se propuso reducir su longitud obstruyéndola parcialmente con escombros obtenidos mediante explosiones de la pared del cráter. En 1967 se provocaron las explosiones, pero éstas en lugar de obstruir una parte de la fisura, hicieron que se hundiera todo el suelo del cráter unos 120 m. La conducción fue destruida, pero la chimenea quedó obstruida en gran parte por los escombros, y la cantidad de gases desprendidos se redujo a una cuarta parte aproximadamente. Ante estos resultados animadores, se provocaron otras explosiones para derribar más escombros, y la consecuencia fue que la chimenea quedó completamente obstruida y cesaron las emisiones de gases.

Esto sugirió que otras chimeneas que emitieran gases podrían obstruirse de la misma forma, y de hecho se intentó nuevamente en el Masaya-Nindirí. El período sin gases duró 19 años, desde 1927, pero en 1946 volvieron a comenzar las emisiones de gases y los daños a las plantaciones. Una propuesta para construir una chimenea de 300 m de altura, a fin de llevar los gases a un nivel suficientemente alto para

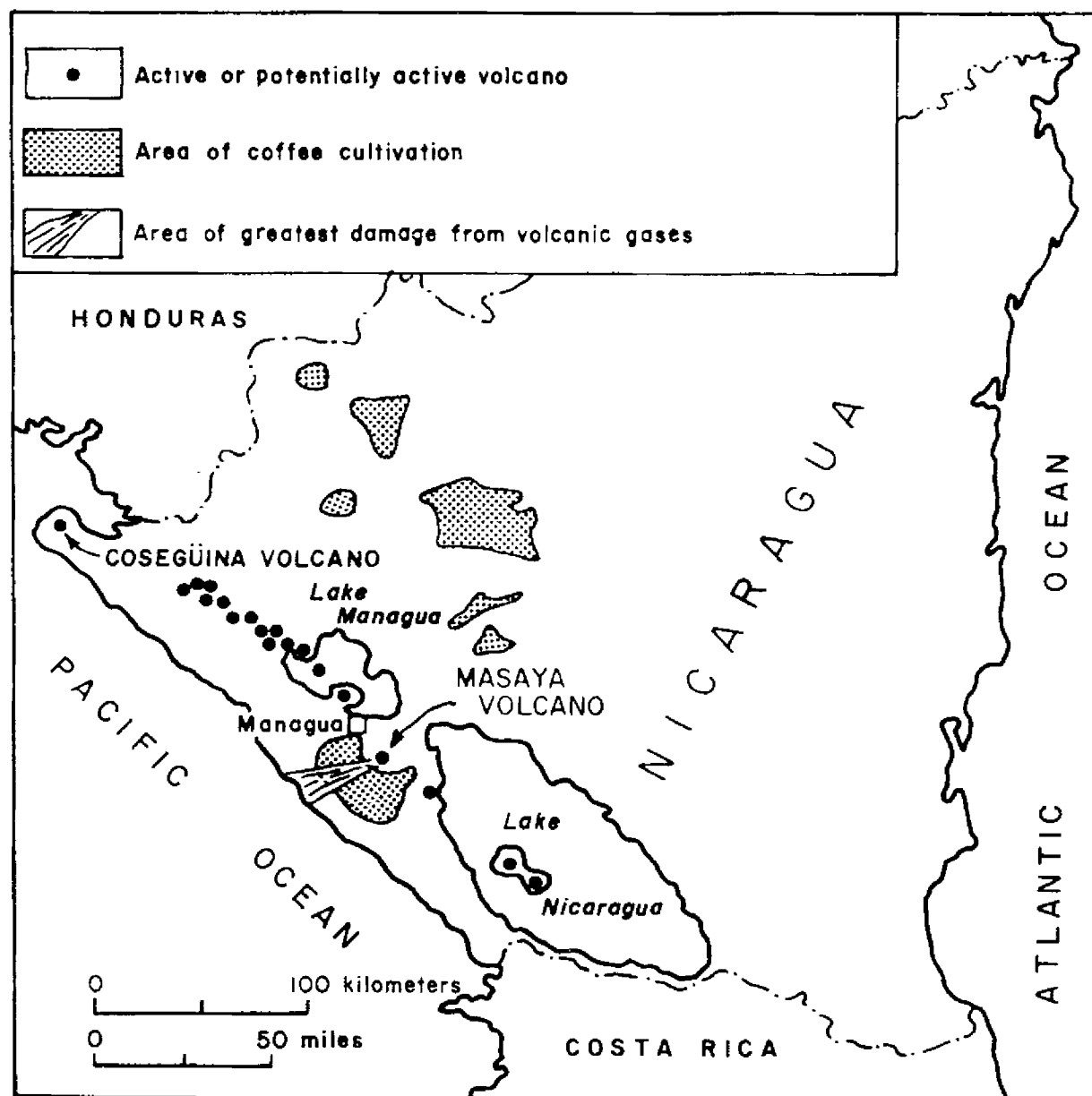


Figura 17. Mapa de Nicaragua, que muestra la ubicación del volcán Masaya y la zona de la meseta nicaragüense dañada por los gases volcánicos. (Según Wilcox, 1952).

que flotarían (o pudieran flotar) sobre las tierras altas sin causar daños importantes, se rechazó por la inseguridad de los cimientos sobre los que tendría que construirse y la falta de garantías de que la chimenea del volcán no cambiaría de posición (Wilcox, 1952). Una sugerencia de que se lanzase una bomba atómica en el cráter para derribar las paredes se rechazó por los posibles peligros de la lluvia radiactiva. No obstante, se estimó que podría lograrse de nuevo una obstrucción temporal mediante explosivos convencionales. En 1953 se arrojaron dos bombas de mediano tamaño en el cráter, pero la disminución de las emisiones de gases fue insignificante (McBirney, 1956).

El tratamiento químico local de las plantas para reducir los efectos de los gases ácidos es una posibilidad. Un método, que se ha ensayado en forma limitada, consiste en rociarlas con una lechada de cal para formar una capa protectora sobre las hojas. Desgraciadamente, en las regiones lluviosas la capa protectora es pronto lavada de las plantas y son necesarios rociados frecuentes. El tratamiento resulta bastante costoso y, en consecuencia, su utilización se ve limitada por las circunstancias económicas. Indudablemente, otros métodos químicos tropezarán con las mismas limitaciones.

En algunas muestras de gases volcánicos se encuentra metano, y su presencia se debe normalmente a la contaminación causada por las rocas sedimentarias de las paredes a cierta profundidad. Se ha sugerido que las explosiones ocurridas durante la erupción de 1933 del Slamet fueron debidas a la ignición de mezclas apropiadas de metano y de oxígeno. La destilación destructiva de la vegetación quemada por los torrentes de lava puede formar metano y otros gases hidrocarbúricos, que quizá representen una amenaza para los observadores situados en las márgenes de torrentes activos. Al salir al exterior a través de conducciones de lava o de otras aberturas de los torrentes mas antiguos subyacentes, se mezclan con el aire y pueden encenderse, ardiendo con llama de color azul pálido o causando explosiones capaces de proyectar residuos finos a distancias de 150 m y fragmentos de roca de hasta 10 cm de diámetro a 30 m.

Tsunamis causados por volcanes

Durante la erupción del volcán Krakatoa, en 1883, se produjeron tsunamis que destruyeron las aldeas costeras de las próximas Java y Sumatra y mataron más de 36.000 personas. Los tsunamis coincidieron con explosiones registradas, pero su verdadera causa puede haber sido más el hundimiento del fondo marino durante la formación de una caldera submarina que las explosiones. Indicios considerables señalan que tsunamis análogos se formaron durante la erupción y el hundimiento de la caldera del volcán Santorini (Thera), alrededor del 1500 antes de J.C. y que, al moverse devastadoramente hacia el sur, pudieron dañar gravemente las ciudades minoanas de las costas de Creta. Deben preverse tsunamis durante las erupciones cataclísmicas de otros volcanes insulares.