

Revista del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias

Volumen
Volume **17**

Número
Number **3**

Julio-Septiembre
July-September **2004**

Artículo:

Cenizas volcánicas

Derechos reservados, Copyright © 2004:
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias

Otras secciones de este sitio:

- ☞ Índice de este número
- ☞ Más revistas
- ☞ Búsqueda

Others sections in this web site:

- ☞ *Contents of this number*
- ☞ *More journals*
- ☞ *Search*



Medigraphic.com

Cenizas volcánicas

Contaminación ambiental

OCTAVIO NARVÁEZ PORRAS*
FERNANDO CANO VALLE†

* Director Médico, INER.

† Director General, INER.

Trabajo recibido: 03-IX-2004; Aceptado: 28-IX-2004

Varios países en América presentan actividad volcánica. Por ejemplo, el volcán Tungurahua, ubicado a 180 kilómetros de Quito y a 5,020 metros sobre el nivel del mar, lanzó millones de toneladas de ceniza, cubriendo más de 35,000 hectáreas de cultivos. Entre el 8 y 16 de agosto de 1991, dos espectaculares erupciones del volcán Hudson, situado en la cordillera sur de los Andes, arrojaron abundante ceniza sobre una vasta región de Argentina. Hay alrededor de 25 volcanes en El Salvador, entre extinguidos y activos que presentan cráteres pequeños o enormes y corrientes de lava. La Cordillera de los Andes es una de las cadenas montañosas donde se encuentran más de 600 volcanes. En Chile, los volcanes que registran más episodios de erupción han sido: el Llaima, Villarrica, Antuco, Peteroa, Lonquimay y el Calbuco.

En México, en 1991, el volcán de Fuego de Colima hizo erupción causando flujos piroclásticos en las barrancas de San Antonio y Cordobán, recorriendo una distancia de 3.3 kilómetros con velocidad cercana a los 100kph. El 28 de agosto de 2003, a las 23:52 horas ocurrió una nueva explosión en el volcán de Colima. La imagen de la cámara de monitoreo del Laboratorio Vulcanológico ubicada a una distancia aproximada de 15km al sur del volcán, registró una altura de la columna superior a los 3,000 metros sobre el nivel del cráter. La explosión produjo flujos piroclásticos y rocas que en el flanco sur alcanzaron cerca de los 2km a partir de la cima. La explosión se escuchó hasta la ciudad de Colima, a 32km al sur del volcán incluso, se reportó caída

de ceniza en la población de Grullo, en Jalisco, localizada a 60km al noreste del volcán.

EL VOLCÁN POPOCATÉPETL

En 1999 se registraron algunos temblores con intensidad entre 2.0 y 3.0 en escala de Richter. Durante el mes de marzo, ocurrieron algunas emanaciones y explosiones moderadas con material incandescente sobre el flanco norte del volcán Popocatépetl. La lluvia de cenizas cayó sobre la ciudad de Puebla. Para el mes de abril las explosiones alcanzaron la intensidad moderada. El 18 de diciembre de 2000 el volcán hizo una erupción importante que pone en alerta a ciudadanos y autoridades. Desde entonces se monitoriza diariamente su actividad. Dos años después, el 14 de diciembre, se registró una precipitación abundante de ceniza en las delegaciones Tláhuac y Milpa Alta. En comunidades cercanas al volcán, se localizan escuelas de distintos niveles. Durante la emanación se suspendieron las actividades al aire libre y se cerraron bien puertas y ventanas. El que el volcán lance estas fumarolas se debe a la acumulación de energía al interior del edificio volcánico que ha roto el domo; por él escapan, humo, vapores, gases y material incandescente.

La explosión sucedida el día 4 de abril de 1999 pudo verse y escucharse a la distancia (Poblado de Calpan).

¿Por qué el Popocatépetl es un volcán activo? Aunque por un tiempo estuvo "dormido", el Popocatépetl mantiene un potencial activo en cualquier momento. Los volcanes pueden permanecer por muchos años en "reposo"; quizás las personas que poblaron sus faldas hace algunos años nunca le vieron activo. La actividad volcánica no implica sólo desastre, gracias a ella el planeta es habitable. Ha sido fundamental para el inicio de la vida, modifica la atmósfera y la hace respirable para los seres con metabolismo basado en el carbono. Los productos volcánicos han sido también esenciales para formar suelos fértiles.

El Popocatépetl "despierta" nuevamente en 1993 con un aumento de fumarolas y temblores. En 1994 lanza ceniza, cosa que no había hecho en 75 años. En 1995 aumentan las exhalaciones de ceniza y vapores, que estarán presentes todo el año. En 1996 se detecta un cuerpo de lava. El 30 de junio de 1997 se registra la mayor explosión que produjo una leve precipitación de ceniza sobre la ciudad de México. Desde entonces, el volcán presenta exhalaciones diariamente en mayor o menor escala.

MONITOREO VOLCÁNICO

El volcán ya había estado activo. Hay registrados al menos 13 episodios similares en un lapso de 450 años. Su última explosión destructiva data de hace más de 1000 años; por lo mismo su potencial no debe pasar inadvertido. Monitorear volcanes significa vigilar su actividad constantemente por medio de instrumentos como cámaras de televisión que transmiten imágenes al CENAPRED (Centro Nacional de Prevención de Desastres). A este monitoreo se le llama "vigilancia visual". El monitoreo sísmico consiste en estaciones localizadas en puntos estratégicos alrededor del volcán, enlazadas por radiotelemedición.

Por medio del monitoreo, sabemos el estado en que se encuentran los volcanes en su interior.

El volcán de Fuego de Colima tiene un sistema de monitoreo por cámaras ubicadas en dos estaciones: "El Naranjo" 15km al sur del volcán y "El Nevado". Éstas envían imágenes al Observatorio

Vulcanológico de la Universidad de Colima. Se llevan a cabo registros sísmicos diariamente y vuelos de rutina sobre el cráter. Se mantiene el radio de alertamiento preventivo hasta 11.5km de la cima del volcán, el cual incluye poblaciones como La Yerbabuena y La Becerra en Colima y Causentla, Cofradía de Tonila, Atenguillo, El Saucillo, El Fresnal, El Embudo, Juan Barragán, Los Machos, El Agostadero y el Borbollón en Jalisco.

El aumento en la actividad sísmica puede ayudar a saber cuándo se registrará una nueva erupción. El monitoreo geodésico mide las deformaciones que sufre el edificio volcánico, esto implica que se sabrán datos sobre la presión interna del volcán y sobre el estado del magma.

Los volcanes activos emanan cenizas y gas, el cual es tóxico sólo en las cercanías del cráter.

En el caso del Popocatépetl, puede permanecer por muchos años como hasta ahora. Después volverá al reposo por tiempo indefinido. También podría aumentar su actividad, derramar flujos, lava y material incandescente, por supuesto la población que corre mayores riesgos es la que vive muy cerca del cráter. Por la distancia y las barreras geológicas que lo separan, el DF no corre peligro.

Desde 1993 la actividad del volcán ha permanecido estable, según reportes de su monitoreo. Es común que veamos una pequeña columna de vapor y gas coronando el cráter. Las lluvias pueden producir aumento en la intensidad de las fumarolas, observándose como una columna espesa, pero sin estar afectado el interior del volcán.

Los adultos mayores que habitan cerca del volcán comentan que siempre ha manifestado actividad de alguna u otra manera; después se queda en reposo por años. De cualquier forma, es recomendable que los pobladores conozcan los planes de emergencia, de contingencia y las rutas de evacuación en caso de un evento mayor.

En el caso del volcán de Fuego de Colima, su actividad se presentó nuevamente los días 27 y 28 de agosto de 2003. Durante el vuelo de monitoreo del día 27 se observó la existencia de un cráter de aproximadamente 200 metros de diámetro, con una profundidad variable de 15 a 30 metros. La actividad en cuanto a fumarolas se

presentó en la parte exterior del cráter, siendo mayor en los sectores norte y oeste.

TABLA DE VULNERABILIDAD

¿Quiénes y cómo estamos expuestos? Presentamos esta tabla de vulnerabilidad.

1. Las personas sanas pueden presentar irritación en la garganta y vías respiratorias. En caso de entrada de un cuerpo extraño en los ojos, se puede presentar desde conjuntivitis hasta abrasiones severas en la córnea. La caída de la lluvia ácida provoca daños en la piel y ojos.
2. Las personas que padecen enfermedades respiratorias crónicas, en caso de moderada o abundante caída de ceniza, pueden tener síntomas exacerbados. Niños y adultos mayores con asma bronquial u otras enfermedades respiratorias crónicas son considerados como grupos de alto riesgo.
3. En cuanto a los animales, la precipitación severa de ceniza puede ocasionar ceguera en animales de granja o domésticos. Se recomienda mantenerlos dentro de refugios, lejos de la intemperie. Los animales que ingieren agua o alimentos contaminados pueden morir por intoxicación. La lluvia ácida también les afecta la piel.
4. La ingestión de agua contaminada con flúor y metales como, aluminio, cobre y arsénico pueden causar desde enfermedades gastrointestinales hasta complicaciones severas en enfermos crónicos.
5. En caso de ingestión de alimentos contaminados (incluyendo la leche), se presentan enfermedades gastrointestinales y complicaciones severas. Se deben lavar frutas y verduras que se encuentren a la intemperie.
6. La lluvia ácida y la ceniza daña las cosechas y en ocasiones producen incendios forestales. Las cenizas cubren los suelos destinados al cultivo e inutilizan las tierras por algún tiempo. Los ríos de lodo que aparecen durante una erupción se llevan todo a su paso, incluyendo sembradíos, animales en la intemperie y casas improvisadas.
7. En cuanto a la vivienda, hay que recordar que la ceniza se almacena en los techos y por el peso, pueden desplomarse provocándole traumatismos (golpes) a sus habitantes.

Si la lluvia de ceniza es intensa, se recomienda usar toallas o trapos húmedos debajo de las puertas. Si vive con personas que padecen enfermedades respiratorias crónicas mantenga la vivienda lo más limpia posible.

8. Durante la precipitación abundante de ceniza también se afectan los transportes. La ceniza en el pavimento hace que las llantas resbalen y haya poca visibilidad, lo que provoca accidentes viales. A veces se interrumpe la electricidad y los vehículos que la utilizan, quedan varados.

LAS CENIZAS VOLCÁNICAS

En relación con la expulsión de cenizas y su esparcimiento sobre el área metropolitana, el grupo de trabajo en contingencias ambientales del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias (INER) reporta: La expulsión de ceniza en grandes cantidades es un fenómeno común en casi 500 volcanes que conforman el "anillo de fuego" de las placas tectónicas bajo compresión donde se asienta la República Mexicana. Actualmente, cerca de 500 millones de personas en el mundo viven en áreas con actividad volcánica. Casi 50 volcanes, en promedio, hacen erupción cada año.

La ceniza volcánica contiene partículas de distintos tamaños y su composición varía de un volcán a otro, aun entre exhalaciones de un mismo volcán.

El Instituto de Geofísica de la UNAM ha analizado la proveniente del Popocatépetl, encontrando una fracción cristalina compuesta por piroxeno, óxido de silice, cuarzo y roca, pH de 3.99 a 5.84. Por microscopía electrónica se encontró que casi el 30% del total de partículas miden menos de 38mm de diámetro.

CONSECUENCIAS EN LA SALUD RESPIRATORIA

Las partículas pequeñas contenidas en la ceniza volcánica son inhaladas con facilidad, la mayor parte se aloja en la mucosa nasal y, dada su naturaleza abrasiva, causan inflamación. Algunas llegan a las vías respiratorias bajas. Este fenómeno inflamatorio se manifiesta con síntomas como

irritación en la garganta, escurrimiento nasal, obstrucción nasal, tos, flema y en casos extremos en pacientes con enfermedades respiratorias crónicas se presenta dificultad para respirar y broncoespasmo de menor a mayor intensidad.



Figura 1. Columna de vapor observada a la distancia.

La ceniza también ocasiona daño ocular e irritación en la piel. Respirar ceniza conlleva cierto riesgo, aun para las personas sanas.

La actividad del volcán registrada hasta ahora se debe a la acumulación de energía al interior del edificio volcánico que ha roto el domo (una capa magmática que se había solidificado en la boca del cráter). La ruptura hace escapar humo, vapores, gases y material incandescente. Según informes del CENAPRED, existen escasas posibilidades de que la ceniza emanada por el volcán llegue a cubrir todas las delegaciones del DF, pues los vientos dominantes van



Figura 3. Fumarola fotografiada por el CENAPRED.



Figura 2. Pintura del "Dr. Atl".



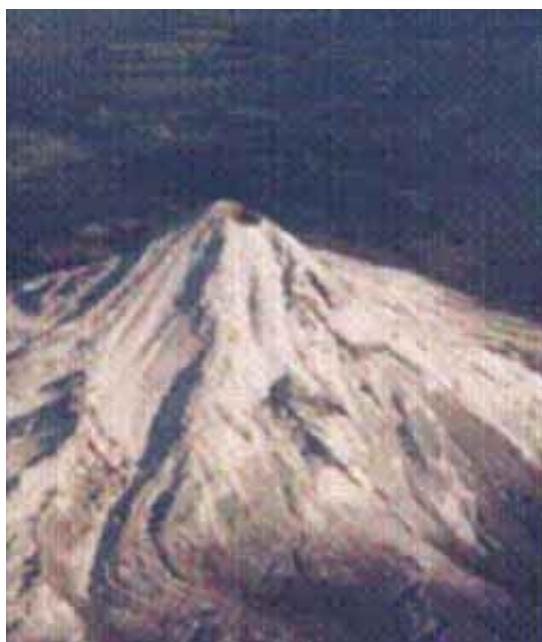
Figura 4. El volcán de fuego de Colima.

hacia Puebla. Hay que recordar que la acumulación de ceniza hace resbaloso el pavimento y bloquea los cursos de agua. Combinada con los gases tóxicos puede ocasionar daños a niños,

adultos mayores o personas con afecciones respiratorias crónicas.

ANÁLISIS FISICOQUÍMICO DE LA CENIZA DEL POPOCATÉPTEL

La ceniza contiene diferentes proporciones de vidrio, el cual en comparación con otras sustancias de la escala de Mohs, tiene una dureza entre 5 (plagioclasa) y 5 (cuarzo), propiedad por la cual se utiliza ceniza volcánica como abrasivo en la industria. Un estudio realizado por el Instituto de Investigaciones Nucleares (ININ) reportó que la ceniza del volcán Popocatépetl contenía del 65 al 68% de SiO_2 , 5-6% de álcalis (óxidos de potasio y calcio) y 3.5% de sílice libre (cristobalita); azufre, manganeso, cobre, zinc y plomo en PM 2.5. Estos metales de transición son particularmente importantes debido a su habilidad para activar el factor de traslocación nuclear NF_k-B, el cual controla la transcripción de los genes que codifican las diferentes citocinas que participan en procesos inflamatorios.



236

Figura 5. El volcán Popocatépetl.

En la mayoría de los países donde existe actividad volcánica y precipitación de ceniza hasta ahora no se han registrado casos de dificultad respiratoria grave por estar expuestos a concentraciones elevadas.

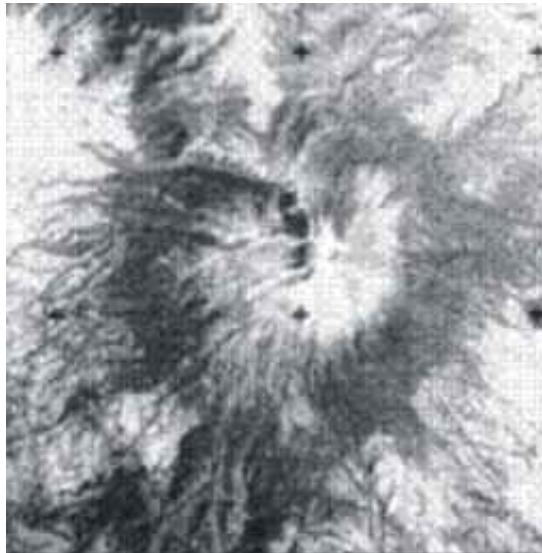


Figura 6. Foto satelital del cráter del volcán Popocatépetl.

El pulmón es un órgano vital para los procesos de detoxificación inducidos por sustancias xenobióticas, de ahí su alto contenido en citocromo P-450. Además de ser un órgano blanco, representa una vía de paso a xenobióticos con potencial tóxico para los órganos más alejados. El manganeso es un elemento importante para el desarrollo natural de diversas funciones enzimáticas del organismo. Paradójicamente este elemento es altamente neurotóxico cuando alcanza concentraciones endógenas elevadas. Se requieren estudios adicionales para establecer los efectos que los metales pesados pueden ocasionar en la población.

Manténgase informado durante una precipitación abundante de ceniza, ya sea por la radio o por la televisión. Es mejor que no salga de su casa.



Figura 7. Columna de vapores y ceniza.

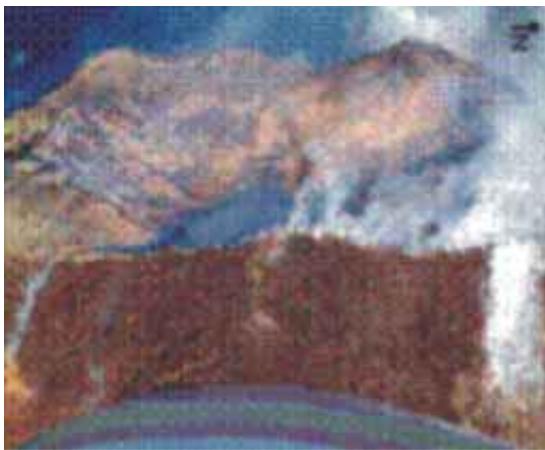


Figura 8. Vista del cráter del Popocatépetl por cámaras de monitoreo.

En los estudios toxicológicos que se han llevado a cabo en animales de laboratorio, se han derivado conocimientos sobre los efectos bioquímicos, inmunológicos y tisulares. En ratas expuestas a $50\text{mg}/\text{m}^3$ de cenizas, se encontró que las partículas tienen una vida media aproximada de 39 días y que alrededor de 10% de ellas se retiene en el tejido pulmonar hasta por dos meses. A esta concentración se observó un aumento de la frecuencia respiratoria, acumulación de macrófagos alveolares, proteinosis alveolar, reacción intersticial y linforreticular en la región peribronquiolar y en nódulos linfáticos mediastinales. En resumen, los estudios toxicológicos efectuados *in vivo* e *in vitro* de la ceniza volcánica muestran principalmente efec-

tos citotóxicos; los cuales, en el primero de los casos, pueden iniciar o exacerbar procesos inflamatorios crónicos preexistentes y alteraciones en la respuesta inmunológica.

¿QUÉ PASARÁ EN EL DISTRITO FEDERAL?

Vivimos en una ciudad donde las cenizas caen como consecuencia de las emanaciones del Popocatépetl, por ello se recomienda estar informados. Las personas que habiten cerca del cráter deben conocer las rutas de evacuación, así como cubrir los depósitos de agua para evitar su contaminación. En caso de una abundante precipitación de ceniza, se recomienda cubrir con cinta adhesiva las rendijas de puertas y ventanas, así se impide que ésta entre en los domicilios. Los visitantes asiduos a zonas cercanas al volcán, deberán mantener su distancia para evitar posibles flujos de lodo. Durante una precipitación de ceniza, es mejor que permanezca en casa, vigile a los niños y personas de la tercera edad, además de aquellos que padezcan enfermedades como el asma. Se recomienda no conducir durante la emanación y no usar el teléfono.

237

FASE DE LIMPIEZA

Para evitar acumulación y accidentes, retire la ceniza de los techos planos o con poco declive, también de los canales para desaguar la lluvia. Recuerde que la ceniza es piedra pulverizada que en grandes cantidades puede derribar un techo. La ceniza es también abrasiva, por lo que se atasca y daña el motor de los vehículos. No la limpie con agua, se recomienda utilizar mechudos para removerla y después barrerla. No la arroje al drenaje, recójala y colóquela en bolsas de plástico para desecharla. Limpie el interior de su vivienda, sacuda los muebles y barra los pisos.

ESTUDIOS EPIDEMIOLÓGICOS

Los efectos agudos en la salud respiratoria ocasionados por el aire contaminado con ceniza volcánica se han documentado ampliamente. Gracias a las medidas preventivas implantadas en erupciones recientes no se han registrado defunciones ni complicaciones respiratorias severas en poblaciones

expuestas a altas concentraciones de este material. Sin embargo, pueden presentarse casos en la población vulnerable si no se siguen las medidas de protección, o bien, si los servicios de salud no se encuentran preparados para atender eficazmente la demanda de pacientes con dificultad respiratoria. Los estudios epidemiológicos realizados en países donde se han registrado erupciones volcánicas demuestran un incremento importante en el número de consultas por problemas respiratorios en los servicios de urgencias. Lo anterior se observó en la ciudad de Quito (Ecuador), durante los episodios del 6, 7 de octubre y del 26 y 27 de noviembre de 1999. Se registró un incremento porcentual cercano al 200% en enfermedades como la rinitis y el asma. La ceniza afecta la salud sobre todo de personas alérgicas. En el mayor porcentaje de los casos los pacientes sólo presentaban molestias leves. La ceniza no ocasiona cambios en la tasa de morbilidad en población sana. Las personas que padecen asma o bronquitis crónica pueden llegar a experimentar una exacerbación de sus síntomas, por ello deben seguir con apego las recomendaciones que la Secretaría de Salud ha difundido a la comunidad y que se encuentran en este documento.

Durante una precipitación abundante de ceniza, se debe evitar hacer ejercicio o actividades al aire libre.

En el INER se han realizado varios estudios epidemiológicos sobre los daños en la salud respiratoria en comunidades cercanas al volcán después de 1994, cuando el Popocatépetl aumenta su actividad. Hasta el momento se ha documentado incremento en las infecciones respiratorias agudas, sin tener un carácter grave y si bien es cierto que los parámetros medidos (pruebas de función respiratoria) mostraron reducciones de la CVF y VEF₁ (capacidad vital forzada y volumen respiratorio en el primer segundo), durante el periodo de mayor

exposición. Siete meses más tarde se repitieron las pruebas y los parámetros mencionados ya habían regresado a sus valores normales.

Los estudios mencionados ponen de manifiesto que el menor tiempo de exposición a las cenizas volcánicas produce una inflamación totalmente reversible y con recuperación absoluta. Esta reversibilidad se explica por el bajo volumen total de ceniza y su composición, ya que el contenido de sílice es menor al 3.5%.

RECOMENDACIONES PARA LAS ESCUELAS

Si la precipitación es muy abundante, las autoridades evaluarán la suspensión de clases. En caso de que ocurra la emanación mientras los estudiantes están en los planteles; se recomienda suspender las actividades deportivas al aire libre y mantener dentro de las aulas a los niños más pequeños. Los profesores deben exhortar al alumnado a mantener la calma y a seguir las instrucciones pertinentes. Es importante no exponerse a la ceniza para evitar molestias en garganta, piel y ojos. Al cubrirse el piso con cenizas, puede ocasionar caídas con los consecuentes traumatismos, por lo que se recomienda no correr.

La literatura internacional ha descrito incremento en el número de consultas en los servicios de urgencias durante las contingencias ambientales. Por este antecedente el INER cuenta con atención especializada en todo momento. Existe una guía intramuros para el personal en caso de contingencia por exposición aguda a ceniza volcánica.

Los autores agradecen su apoyo a la licenciada María Paz Avalos León.

Correspondencia:

Dr. Octavio Narváez Porras,
Director Médico. Instituto Nacional de
Enfermedades Respiratorias. Calzada
de Tlalpan 4502, colonia Sección XVI.
México, D.F., 14080. Teléfono 5666
4539, extensión 184.