



Capítulo 3

**Contaminación
atmosférica por
emisiones
volcánicas**



Foto cortesía diario El Comercio

Los volcanes son fuentes naturales de contaminación. Una consecuencia de la actividad volcánica es alterar la calidad no solo del aire, sino del suelo y del agua simultáneamente. La presencia de sustancias y elementos tóxicos que se producen en la reacción química de las emisiones volcánicas con los factores ambientales, generan de forma natural la contaminación atmosférica en la zona de impacto.

Este capítulo señala los principales factores de contaminación ambiental causada por las emisiones volcánicas de gases y cenizas, su impacto en la calidad del aire y sus efectos en la salud.

1 Emisiones volcánicas y contaminación

En los lugares expuestos a la amenaza volcánica se debe prestar especial atención a los pronósticos de afectación de la población por alteración de la calidad del aire, con valores altamente tóxicos emitidos por el volcán (gas, ceniza y calor), que dependerán de su concentración, volumen y tiempo en el ambiente.

Por lo tanto, “todos los volcanes liberadores de gases deben ser activamente monitorizados, dado que los incrementos súbitos en el flujo de gas pueden ser un aviso de una nueva y violenta actividad eruptiva. Además, si las concentraciones en el aire en áreas habitadas exceden rápidamente los estándares de calidad del aire para el dióxido de sulfuro (SO₂) establecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS), las comunidades afectadas pueden necesitar informes sobre las medidas de protección respiratoria o sobre la conveniencia de la evacuación”.⁴⁶

Emisiones volcánicas

Durante una erupción volcánica se emiten a la atmósfera cantidades indeterminadas de gases y ceniza, que son impulsadas a grandes distancias por la onda de energía térmica (calor) y la presión confinada en el magma. Estos productos son depositados temporalmente en la estratósfera y tropósfera, mientras son dispersados por la acción del viento y la lluvia.

Los contaminantes primarios presentes en la emisión volcánica son, entre otros: óxidos de azufre, monóxido de carbono, óxido de nitrógeno, hidrocarburos y partículas.

Gases volcánicos

El gas emitido por un volcán se compone en su mayoría (75% aprox.) por vapor de agua (H₂O), la fracción restante es conformada por dióxido de carbono (CO₂), dióxido de azufre (SO₂), sulfuro de hidrógeno (H₂S), ácido clorhídrico (HCl), ácido fluorhídrico (HF); estos elementos son los productos principales y se caracterizan por ser emisiones ácidas.

En menor proporción, también se puede encontrar metano (CH₄), monóxido de carbono (CO), nitrógeno (N₂), argón (Ar), helio (He), hidrógeno (H₂) y radón (Rn), los cuales son productos secundarios y su concentración se dispersa fácilmente en la naturaleza. Un riesgo tóxico se presenta con las emisiones inorgánicas de mercurio, que depende del tipo de volcán.

Ceniza volcánica

La ceniza se produce del desmoronamiento de las rocas líticas por la descarga de presión sobre el magma. Su estructura porosa y húmeda le permite absorber gases volátiles solubles

Una erupción volcánica emite a la atmósfera gases y ceniza que son impulsados a grandes distancias. Los contaminantes primarios son: óxidos de azufre, monóxido de carbono, óxido de nitrógeno, hidrocarburos y partículas.

46. Noji, Eric. *Impacto de los desastres en la salud pública*. Organización Panamericana de la Salud. Bogotá, 2000. p.192.

en el agua, presentando mayor riesgo tóxico con el ácido fluorhídrico (HF) al reaccionar el flúor. A su diámetro (10 μm) le favorece estar en suspensión constantemente en la atmósfera y viajar con la dirección del viento. “La ceniza volcánica está compuesta por óxidos, principalmente de sílice, aluminio y hierro (80%), magnesio, calcio, sodio, potasio, plomo; metales pesados como vanadio, cromo, cobalto, níquel y zinc. Se presenta en forma de polvo fino, con alturas de precipitación de 1 a 3 cm (en zona mediana de riesgo) y de 5 a 10 cm (en zona de alto riesgo)”.⁴⁷

Otro elemento significativo de las erupciones volcánicas es la energía térmica (calor) que se emite acompañando el flujo de gases y ceniza. Su mayor impacto se presenta en el aumento de la temperatura en la zona del desastre.

Efectos principales en el ambiente

Se pueden considerar a los siguientes como los impactos con mayor incidencia sobre las zonas afectadas:

- La lluvia ácida;
- El efecto de invernadero;
- El vog (volcanic smog) o humo volcánico;
- El escudo solar.

El vapor de agua aumenta la humedad en la zona afectada y contribuye a la formación de la lluvia

ácida y del vog. El CO_2 es el principal gas de invernadero y ayuda a mantener la temperatura cálida del planeta. Las emisiones de HCl y HF se pueden disolver directamente en el agua contenida en las nubes o con el mismo vapor de agua suministrado, lo cual hace que se precipite en forma de lluvia ácida.

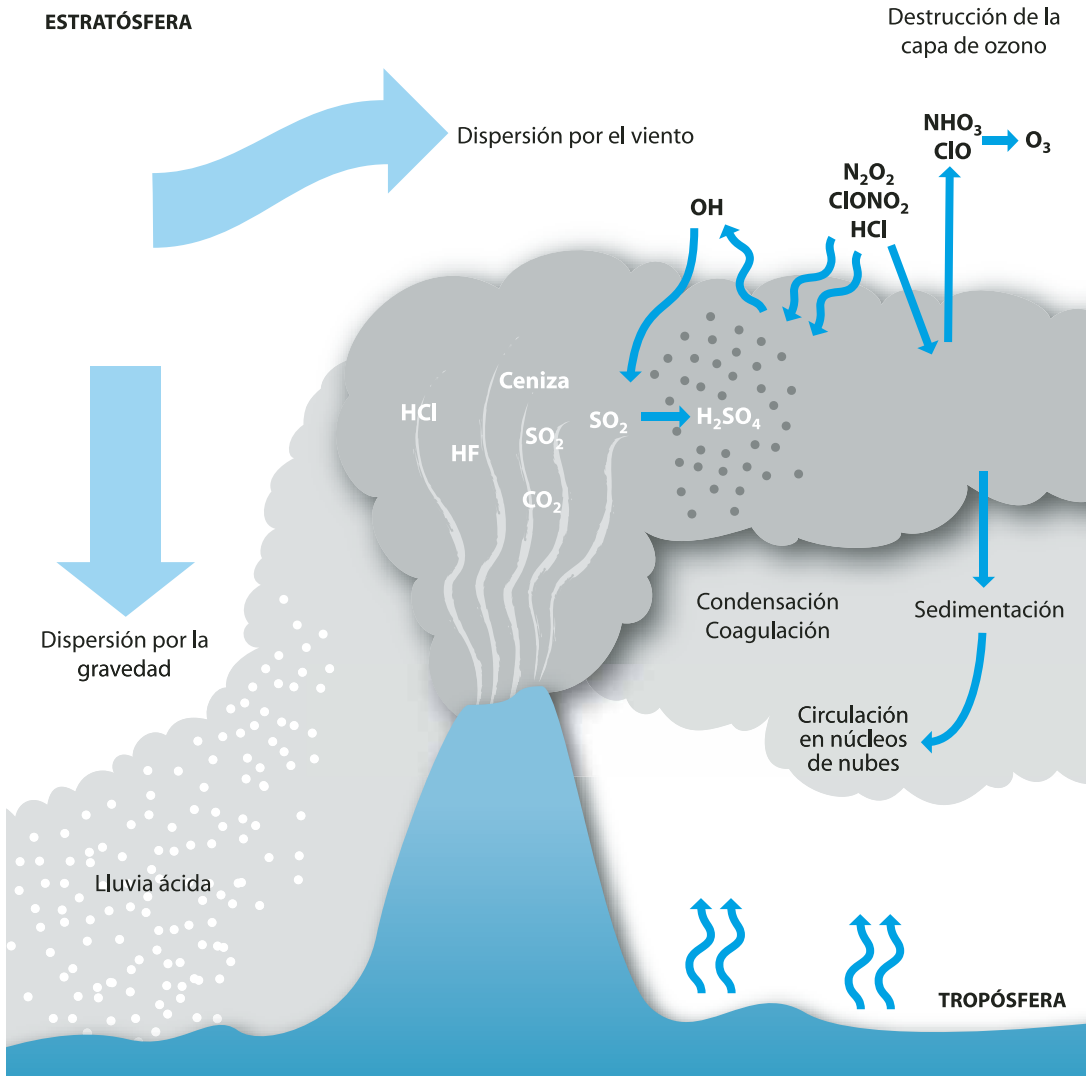
El SO_2 emitido se convierte lentamente en ácido sulfúrico (H_2SO_4), que se condensa en la atmósfera y se precipita en forma de lluvia con partículas muy finas. La concentración de estas partículas origina el llamado aerosol. Cuando éste se forma a partir del azufre se conoce como aerosol de sulfato. Combinado con material particulado (polvo y ceniza), luz solar, oxígeno (O_2) y humedad reacciona recíprocamente formando el humo volcánico también conocido como vog (volcanic smog). La presencia del vog en altas concentraciones forma una densa capa gaseosa conocida como el escudo solar, cuya presencia impide la penetración total de la luz solar sobre la superficie. Este fenómeno genera variaciones climáticas locales y regionales.

Otra consecuencia es la ocurrencia de tormentas eléctricas y fuertes aguaceros, dado que los gases que se emiten durante la crisis volcánica cargan al aire con la valencia de los elementos suspendidos, dejando conducir la electricidad producida en las nubes.

47. Organización Panamericana de la Salud. *Erupciones volcánicas y protección de la salud*. Quito. 2000. pp.24-25.

Alteración atmosférica por emisiones volcánicas

Tomado del informe especial: Volcanismo y cambio climático. Richard Turco. 1992. Adaptado por Diego Silva Garnica.



Los principales efectos de las erupciones volcánicas son: la lluvia ácida, el efecto invernadero, el vog (volcanic smog) o humo volcánico y el escudo solar. El monitoreo de los índices que presenta la calidad del aire, antes y después de la erupción volcánica, servirá para orientar a la población y evitar problemas en la salud.

Índice de la calidad del aire

Se define como un valor representativo de los niveles de contaminación atmosférica y sus efectos en la salud dentro de una región determinada.

El seguimiento y monitoreo del índice de la calidad del aire se deben realizar de manera continua antes, durante y después de la erupción volcánica, mediante la ubicación de puntos estratégicos identificados para la región, teniendo en cuenta las condiciones climáticas y meteorológicas. En consecuencia, en las áreas de riesgo es recomendable instalar equipos de lectura directa para medir las concentraciones ambientales de dióxido de azufre (SO_2) y equipos gravimétricos para determinar las concentraciones del material particulado en suspensión.

2 Efecto de las emisiones volcánicas en la salud

Gases volcánicos

Desde el punto de vista de los efectos en la salud, los gases volcánicos pueden ser clasificados en irritantes y no irritantes.

Irritantes: pueden ejercer sus efectos a mucha menor concentración y a muchos kilómetros del volcán. Su acción irritante la efectúan a nivel del árbol respiratorio y sobre el resto de mucosas con las que entra en contacto, provocando de esta manera ojo rojo, lagrimeo, odinofagia, estornudos, etc.

La afección del tracto aéreo depende del tiempo de exposición, de la concentración del gas en el aire y de la solubilidad acuosa. Así los gases poco solubles penetran con facilidad hasta los alvéolos, provocando tos, bronco espasmo, dolor torácico y fundamentalmente insuficiencia respiratoria por afectación del intercambio gaseoso, es decir, hipoxemia. Estas afecciones son provocadas por la inhalación de las siguientes sustancias:

- “La inhalación de bióxido de azufre (SO_2) provoca constricción del tracto respiratorio y aumenta las resistencias al flujo del aire, por lo que se observan cambios en los patrones normales de la función pulmonar. Se requiere de una dosis pequeña de bióxi-

do de azufre para producir una respuesta biológica, como la irritación e inflamación de las vías respiratorias, las conjuntivas y la piel, además de la exacerbación de enfermedades respiratorias crónicas, que ocurre durante o algún tiempo después de la manifestación”.⁴⁸

- “Sulfuro de hidrógeno (H_2S) en bajas concentraciones puede irritar los ojos y ocasionar depresión. En altas concentraciones irrita el tracto respiratorio superior y, en exposiciones prolongadas, produce edema pulmonar. En una exposición de 30 minutos a 500 partes por millón (ppm) produce dolor de cabeza, excitación, inestabilidad al caminar y diarrea. En algunas ocasiones se puede presentar bronquitis o bronconeumonía.
- Cloruro de hidrógeno (HCl) irrita las membranas mucosas de los ojos y el tracto respiratorio. Para concentraciones por encima de 35 ppm se irrita la garganta después de una exposición corta. Por encima de 100 ppm se produce edema pulmonar y a menudo espasmo laríngeo.
- Fluoruro de hidrógeno (HF), irritante muy fuerte que causa conjuntivitis, irritación en el tracto respiratorio, degeneración de huesos y dientes. En los animales, al ser consu-

Los gases emitidos en una erupción volcánica pueden tener efectos diversos sobre la salud humana y de los animales. Hay gases irritantes que operan sobre el aparato respiratorio y el resto de las mucosas que entran en contacto. Los gases no irritantes están presentes en zonas muy cercanas al volcán, se absorben directamente hacia la sangre y provocan hipoxia tisular por lo que se denominan gases asfíxiantes.

48. Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias de México. Revista *Efecto sobre la función pulmonar en personas expuestas a cenizas del volcán Popocatepetl*. Volumen 8, número 2. Abril - junio de 1995. pp.112-118.

mido en el pasto en concentraciones mayores a 250 ppm y con menos de 1 cm de espesor de ceniza, ocasiona su muerte por flúorisis que destruye los huesos”.⁴⁹

No irritantes: la acumulación de los gases asfixiantes o no irritantes en concentraciones letales es más probable en las pendientes de un volcán, dentro de un cráter o cerca de una fisura. Actúan sin provocar lesiones a nivel local, se absorben hacia la sangre y ejercen su efecto a nivel sistémico, interfiriendo fundamentalmente la cadena respiratoria tisular. De esta manera provocan hipoxia tisular, por lo que se denominan gases asfixiantes. Los representantes más importantes de este grupo son los cianuros y el monóxido de carbono. Otro grupo de gases son aquellos cuyo efecto lo ejercen desplazando al oxígeno del aire inspirado: dióxido de carbono, nitrógeno.

El dióxido de carbono (CO₂) es más pesado que el aire y puede acumularse en las áreas bajas, alcanzando eventualmente altas concentraciones que pueden terminar con la vida de personas, animales y plantas. Adicionalmente el CO₂ puede acumularse en las aguas de los lagos crátericos hasta alcanzar grandes concentraciones y ser expulsado violentamente a la atmósfera.

i Desde 1986 el volcán Poas en Costa Rica ha liberado gases a través de un lago-cráter. “Los principales gases en la nube son: dióxido de carbono, dióxido de azufre, ácido sulfhídrico, ácido clorhídrico y ácido fluorhídrico; pero las epidemias de compromisos respiratorios en las comunidades sobre las faldas del volcán y el daño a los cultivos han sido debidas probablemente a los aerosoles ácidos concentrados que se generan cuando cae el nivel del lago”.⁵⁰

A continuación se presentan las características y fisiopatología de los principales gases emitidos por erupciones volcánicas, tales como ácido sulfhídrico, derivados del flúor y monóxido de carbono, basado en estudios de contaminación industrial.⁵¹

49. Department of the Interior, U.S. Geological Survey, Menlo Park, California. <http://volcanoes.usgs.gov/hazards/what/VolGas/volgas.html>

50. Noji, Eric. *Impacto de los desastres en la salud pública*. Organización Panamericana de la Salud. Bogotá, 2000. p.192.

51. www.united.edu/tratado/c100802.html

Gas: ácido sulfhídrico	
Características	<p>El ácido sulfhídrico (SH₂) es un gas muy tóxico que en concentraciones elevadas en el aire inspirado provoca parálisis del nervio olfativo.</p> <p>Es incoloro, muy irritante, inflamable y con un peso mayor que el aire, por lo que tiende a ocupar las zonas más bajas del lugar donde es liberado. Es mal oliente con un característico olor a huevos podridos. El fuerte olor no ayuda a que las personas sean conscientes de la presencia de este gas.</p>
Fisiopatología	<p>A dosis bajas posee un efecto local irritante sobre la mucosa.</p> <p>Se ha descrito su acción directa sobre el cuerpo carotideo lo cual conduce a una intensa taquipnea, pero también es capaz de actuar sobre el tronco del encéfalo inhibiendo el centro respiratorio lo cual se traduciría en apnea.</p>
Toxicocinética	<p>El SH₂ se absorbe de forma muy rápida por vía inhalatoria casi de forma exclusiva, efectuando a este nivel su efecto irritante, incluso a concentraciones tan bajas como 50 ppm.</p>

Gas: monóxido de carbono	
Características	<p>Es un gas que se caracteriza por ser menos denso que el aire, incoloro, inodoro y sin sabor, que no tiene características irritantes, pues su mecanismo de acción es asfixiante. Ingresa al organismo por vía respiratoria. Se combina con la hemoglobina para formar carboxihemoglobina lo que interfiere en la capacidad del transporte de oxígeno por la sangre y provoca hipoxia tisular presentando mareos, somnolencia, vómito, colapso y muerte.</p>
Fisiopatología	<p>El monóxido de carbono es rápidamente absorbido por los alvéolos, pasando a la sangre donde se une a la hemoglobina. La absorción pulmonar es directamente proporcional a la concentración de CO en el ambiente, al tiempo de exposición, así como a la velocidad de ventilación alveolar que a su vez depende del ejercicio realizado durante el tiempo de exposición.</p> <p>Una vez en la sangre el CO se une con la hemoglobina con una afinidad de 210-270 veces superior a la del oxígeno, formando un compuesto denominado carboxi-hemoglobina. De forma resumida, una vez en contacto con el CO, éste es absorbido hacia la sangre y se une con la hemoglobina desplazando al oxígeno, y, además, el escaso oxígeno transportado es difícilmente cedido a los tejidos para su utilización, provocando todo ello hipoxia.</p>

En las áreas de riesgo es recomendable instalar equipos de lectura directa para medir las concentraciones ambientales de dióxido de azufre y equipos gravimétricos para determinar las concentraciones del material particulado en suspensión.

Gas: derivados del flúor

Características	El ácido fluorhídrico es un gas incoloro, cuya característica principal es la de ser altamente corrosivo en cualquiera de sus formas de presentación.
Fisiopatología	El componente ácido tiene un gran efecto corrosivo, provocando necrosis de tejidos orgánicos con los que entra en contacto. El grado de quemadura que produce está determinado por la concentración, el tiempo de exposición, el grosor del tejido expuesto. La vida media plasmática es de 1,4 horas ya que el HF una vez absorbido rápidamente se deposita en el hueso o es eliminado vía renal, por lo que solo encontramos niveles significativos de flúor en la sangre en las primeras horas de la intoxicación.

Ceniza volcánica

Las partículas de ceniza producidas en erupciones explosivas son a menudo lo suficientemente pequeñas para ser rápidamente inhaladas en lo profundo de los pulmones y las partículas más gruesas pueden alojarse en la nariz o en los ojos e irritar la piel. Según los estudios de la OMS las partículas de diámetro de 15 micras se depositan en la nariz, las de 10 micras alcanzan a llegar al árbol traqueo-bronquial y las menores de 5 micras son capaces de llegar a los alvéolos.

“La severidad e intensidad de los efectos respiratorios adversos de una explosión volcánica, dependen de varios factores: las características físico-químicas y cantidad del material expulsado; factores relacionados con el ambiente, como el estado del tiempo, la dirección de los vientos, la intensidad de las lluvias; la densidad de la población afectada; el suministro de agua y la disponibilidad de sistemas de atención médica

apropiados. Y de factores relacionados con el huésped, como son la intensidad de la exposición inmediata, la posibilidad de exposición crónica, la exposición a vegetación cubierta de polvo, que puede aumentar la susceptibilidad a la ceniza volcánica. Desde luego, factores indirectos como lesiones traumáticas provocadas por el calor y el flujo de lava, lodo y piedra y el impacto psicológico, social y económico que produce la catástrofe, pueden ser factores determinantes de la intensidad de la lesión respiratoria. El tamaño de las partículas y su composición mineral varía entre volcanes y aún entre erupciones de un mismo volcán”.⁵²

La ceniza volcánica produce un efecto irritante en las vías respiratorias, los ojos y la piel. “Para valorar los riesgos que tiene la lluvia de cenizas en la salud de personas son importantes 5 factores: el tamaño de las partículas; la frecuencia y duración de la exposición; factores adicionales

52. Noji, Eric. *Impacto de los desastres en la salud pública*. Organización Panamericana de la Salud. Bogotá, 2000. p.186.

como enfermedades preexistentes de las vías respiratorias, y la presencia de sílice cristalino (SiO_2) en las cenizas".⁵³

A nivel del aparato respiratorio superior produce irritación determinando rinitis, faringitis, amigdalitis, laringitis y empeoramiento de las sinusitis. Sobre las vías aéreas inferiores sus efectos están determinados por el tamaño de las partículas respirables (diámetro menor de 10 micrómetros). Los pacientes que sufren de hiperreactividad bronquial, bronquíticos crónicos, pacientes asmáticos y los que padecen enfermedad pulmonar obstructiva crónica pueden complicarse.⁵⁴ Las partículas de ceniza volcánica con concentraciones de azufre producen estados de hiperreactividad bronquial y puede lesionar la mucosa de las vías aéreas inferiores e incluso generar alteraciones obstructivas crónicas.

El compromiso respiratorio se encuentra relacionado con la falta de difusión y acatamiento de medidas de prevención, el tipo de vivienda del área cercana al volcán y el nivel de lluvias que ayudan a precipitar las cenizas.⁵⁵ A largo plazo en comunidades persistentemente afectadas por la caída de ceniza se pueden desarrollar silicosis, la cual se asocia con altas tasas de tuberculosis tal como lo

registran las estadísticas del Ministerio de Salud Pública del Ecuador, respecto a poblaciones que viven alrededor del volcán Tungurahua.

Los datos históricos de muerte por concentraciones altas de ceniza son escasos, sin embargo cuando la ceniza se mezcla con los gases, puede ocasionar la muerte, principalmente por consumo de agua contaminada con flúor. También se reportan casos de muertes relacionadas con la presencia de quemaduras extensas, necrosis de los tejidos, sepsis y bronconeumonía, como consecuencia de la aspiración de cenizas calientes.

i Los estudios de vigilancia epidemiológica con relación a las erupciones del monte Santa Helena en 1980 demostraron que de las autopsias de los 25 cuerpos recuperados, 17 ocurrieron por asfixia al inhalar cenizas y 5 por lesiones térmicas. Tres de los muertos eran leñadores en un paraje a 19 km del cráter; dos sobrevivieron al flujo pero sufrieron quemaduras de 2 y 3 grados que afectaron al 33 y 47% de la superficie corporal respectivamente. Los dos leñadores murieron después de un síndrome de

Las partículas de ceniza afectan de diferente manera al organismo: las partículas mayores se quedan en la parte externa del cuerpo, afectando a los ojos y las fosas nasales; las más pequeñas pueden llegar hasta los pulmones y provocar o activar enfermedades respiratorias.

53. Seaman, John; Leivesley, Sally; y Hogg, C. *Epidemiología de desastres naturales*. Editorial Harla. 1989. pp.144.

54. Ministerio de Salud Pública del Ecuador. *Efectos en la salud por las erupciones del Tungurahua*. Boletín No.1. Febrero de 2000.

55. Valencia, Juan Felipe. Entrevista. Manizales, julio de 2004.

dificultad respiratoria del adulto inducido por la inhalación de partículas de ceniza caliente.⁵⁶

A continuación resumimos las características, el impacto y las acciones preventivas:⁵⁷

Evento eruptivo: emisión y caída de ceniza			
Tipo de afectación	Consecuencias	Impacto a la comunidad	Acciones preventivas
Respiratoria	Inhalación de ceniza fina. <10 micras de diámetro.	Asma, recrudecimiento de enfermedades pulmonares previas.	Pruebas de laboratorio para medición de partículas. Uso de mascarilla de alto rendimiento. Protección de casas y oficinas de la infiltración de ceniza.
	Inhalación de polvo de sílice (presencia de sílice, cuarzo).	Silicosis si existe una exposición fuerte y continua (años).	Análisis de laboratorio para identificar sílice. Equipo protector respiratorio.
Tóxicas	Ingestión de agua contaminada con flúor, metales pesados (aluminio, cobre, arsénico).	Malestar gastrointestinal. Puede llevar a la muerte en personas vulnerables (enfermos crónicos).	Pruebas de laboratorio que identifiquen elementos tóxicos. Evitar las aguas superficiales para beber.
	Ingestión de alimentos contaminados (como en el caso anterior), incluida la leche.		Pruebas de laboratorio que determinen si existen elementos tóxicos. Observar la salud de los animales. Análisis de laboratorio de la leche.
Oculares	Cuerpos extraños en ojos.	Conjuntivitis; desgaste de las córneas.	Gafas protectoras para exposiciones fuertes (trabajadores al aire libre).

56. Noji, Eric. *Impacto de los desastres en la salud pública*. Organización Panamericana de la Salud. Bogotá, 2000.

57. Puede ampliar la información en: Organización Panamericana de la Salud. *¿Cómo prepararse y qué hacer durante la caída de ceniza volcánica?* www.paho.org/spanish/dd/ped/te_volc.htm

Evento eruptivo: emisión y caída de ceniza (continuación)			
Tipo de afectación	Consecuencias	Impacto a la comunidad	Acciones preventivas
Mecánica	Colapso y caída de techos.	Traumas.	Prevenir la acumulación de cenizas. Eliminar la ceniza con precaución.
	Accidentes de tránsito por caminos resbalosos y poca visibilidad.	Traumas, suspensión del transporte de emergencia, viajeros desamparados	Control de tránsito y asignación de refugios de emergencia.
	Interferencias en radio y televisión.	No se reciben las alertas, no funciona la transmisión por satélite.	Campañas de información pública antes de la erupción.
	Interrupción de la electricidad.	Averías en servicios públicos, sistemas de calefacción, etc.	Cubrir aisladores u organizar cuadrillas de reparación.
<p>Protección de las vías respiratorias y de los ojos: Actualmente hay mascarillas baratas, desechables y de alto rendimiento, capaces de retener partículas de tamaño micrométrico; se pueden almacenar localmente para su distribución inmediata en las comunidades después de una caída de ceniza. Se debe disponer de respiraderos de media mascarilla o de cascos de corriente de aire (respiraderos con visera y motor) y lentes de seguridad para el personal de urgencias y otras personas que trabajen al aire libre y brigadas de limpieza.</p>			

Evento eruptivo: emisión de gas			
Tipo de afectación	Consecuencias	Impacto a la comunidad	Acciones preventivas
Ambiental	Lluvia ácida	Irritación de ojos y piel; posible contaminación tóxica. El olor ácido del depósito proviene de la superficie de las partículas de cenizas y no representa un riesgo respiratorio por gases tóxicos.	Protección durante la lluvia; evitar almacenar agua pluvial para beberla, especialmente de techos metálicos, etc.



Anexos
Glosario
Bibliografía

Anexo 1

Pasos para el análisis de la vulnerabilidad en los sistemas de agua potable y alcantarillado⁵⁸

En el análisis de la vulnerabilidad se estudia el riesgo de daño físico, operativo o administrativo que pueden tener los componentes del sistema de agua potable y saneamiento frente a una amenaza potencial. Los resultados nos permitirán contar con la información necesaria para generar acciones concretas a través de los programas de prevención y mitigación para reducir los posibles daños en los sistemas.

A continuación se resumen los pasos para llevar adelante el análisis de vulnerabilidad:

- Identificación de la organización nacional y regional, así como de la normativa legal vigente sobre emergencias y desastres.
- Descripción de la zona en estudio: ubicación, clima, estructura urbana.
- Salud pública y saneamiento, datos geológicos, geomorfológicos y topográficos.
- Desarrollo socioeconómico.
- Identificación y descripción de los elementos de cada componente del sistema.
- Identificación y descripción funcional del sistema (caudales, niveles, presiones y calidad del servicio).
- Identificación de los aspectos operativos del sistema (capacidad de los componentes, demanda, déficit o superávit).
- Identificación y descripción de los aspectos administrativos y capacidad de respuesta de la empresa en el sistema en estudio.
- Determinación de parámetros y evaluación de las amenazas, considerando su impacto sobre el sistema.
- Estimación de la vulnerabilidad a partir de la identificación y determinación de los posibles efectos del impacto de la amenaza sobre los componentes del sistema.
- Cuantificación de la capacidad útil remanente de cada componente y subsistema para operar en determinada condición, considerando cantidad, calidad y continuidad (vulnerabilidad operativa).

58. Organización Panamericana de la Salud. *Emergencias y desastres en sistemas de agua potable y saneamiento: Guía para una respuesta eficaz*. Segunda edición. Washington D.C., 2004.

- Identificación de los componentes críticos y vulnerables del sistema, responsables de que éste no tenga capacidad para atender la demanda mínima y los lugares de abastecimiento considerados prioritarios (vulnerabilidad física).
- Estimación de la capacidad organizativa de respuesta (vulnerabilidad organizativa).
- Determinación de medidas de mitigación, preparación y emergencia para revertir el impacto de la amenaza sobre los componentes del sistema; tanto en aspectos administrativos y operativos como físicos.
- Determinación de la demanda mínima de la población de los lugares considerados prioritarios para el abastecimiento, durante y después del impacto de la amenaza.
- Preparación del informe final y los planos de vulnerabilidad. El primero se puede hacer de forma conjunta para las diferentes amenazas que se considere tengan impacto sobre el área del sistema.
- Elaboración del plan de emergencia y de los programas de prevención y mitigación.

Anexo 2

Recomendaciones generales para la producción y uso del cloro como forma de tratamiento de agua para consumo humano

El hipoclorito de sodio NaOCl es la solución más fácil de dosificar y más cómoda de utilizar en el ámbito domiciliario para desinfección del agua de consumo humano. Es un líquido que se puede obtener en concentraciones desde 0.5% hasta un 10%. En concentraciones mayores al 10% es muy inestable. La dosis recomendada para la desinfección es entre 1 y 5 mg/l. La dosis dependerá de la claridad o turbiedad del agua.

Se utilizan dosis mayores de 4mg/l para aguas turbias y muy contaminadas; sin embargo a esas concentraciones el agua tendría un sabor muy fuerte y desagradable, por lo que se recomienda que el agua turbia primero se filtre -puede utilizarse una tela- hasta conseguir una disminución suficiente de la turbiedad y luego se utilicen las dosis normales sugeridas.

Se recomienda que el nivel de cloro libre se mantenga entre 0.5 y 1mg/l para evitar un sabor desagradable del agua.

Para dosificar diversos volúmenes de recipientes empleados en los hogares utilizando concentraciones diferentes del hipoclorito podemos basarnos en la siguiente fórmula:

$$v = \frac{V \times D}{C \times 10}$$

- v: volumen de solución de hipoclorito requerido en mililitros
- V: volumen de agua a desinfectar en litros
- D: dosis a lograrse en mg/litro
- C: concentración % de cloro disponible en la solución de hipoclorito
- 10: valor constante

Ejemplo: para desinfectar 20 litros de agua (bidón) con hipoclorito de sodio al 1.2% a una dosis de 4mg/l:

$$v = \frac{20 \times 4}{1.2 \times 10} = \frac{80}{12} = 6.6 = 7\text{cc (1 tapa rosca de gaseosa)}$$

Después de la aplicación del hipoclorito, el agua debe mezclarse bien y dejarse reposar unos 30 minutos para dar tiempo suficiente para que el cloro entre en contacto con los microorganismos.

Para fines prácticos, el hipoclorito de sodio (NaOCl) líquido se lo encuentra comercialmente como blanqueador de ropa, utilizado para desinfección de agua, en concentraciones del 5.25%. Algunos productos comerciales de hipoclorito de sodio pueden contener otras sustancias no aptas para el consumo humano. Antes de su uso deberá observarse las indicaciones del fabricante en cuanto a desinfección de agua para consumo humano.

Para cloración con hipoclorito de sodio en concentración de 5.25% se utiliza una gota de NaOCl por cada litro de agua a tratar y se espera 30 minutos antes de ser utilizada para el consumo humano.

Una alternativa para la obtención de cloro in situ es mediante la electrólisis de agua y sal con equipos productores de cloro, que en su mayoría producen hipoclorito de sodio entre 0.6% al 1.2%. Para estas concentraciones se utiliza como medida práctica y de fácil uso de la comunidad una tapa rosca de cola (gaseosa) (7cc) por cada 20 litros de agua a desinfectar.

Anexo 3

Concentración teórica de cloro para desinfección

Destrucción total de bacterias y reducción en un 99,9% de virus. Ph 7 a 7,5 temperatura media de 20°C a 28°C.

Microorganismos	Tiempo de contacto (minutos)	Cloro libre disponible (ppm)	Microorganismos	Tiempo de contacto (minutos)	Cloro libre disponible (ppm)
Bacterias grampositivas			Hongos		
1. Streptococcus fecalis	2	0,5	29. Rhizopus nigracama	10	2,0
2. Staphilococcus aureus	10	0,02	30. Aspergillus oryzae	10	6,0
3. Staphilococcus saprophyticus	10	0,05	31. Aspergillus niger	10	6,0
4. Sarcina subílava	10	0,02	32. Aspergillus flavus	10	5,8
5. Sarcina aureus	10	0,05	33. Aspergillus fischeri	10	2,0
6. Bacillus subtilus	10	0,2	34. Aspergillus clavatus	10	1,4
7. Bacillus cereus var. mycoide	10	0,5	35. Penicillium citricum	10	2,0
8. Bacterium agile	10	0,5	36. Penicillium italicum	10	2,0
Bacterias gramnegativas			37. Penicillium chrysogenum	10	2,0
9. Escherichia coli	10	0,02-0,05	38. Penicillium notatum	10	2,0
10. Proteus morgani	10	0,2	39. Paecilomyces varioti	10	2,0
11. Proteus vulgaris	10	0,2	40. Fusarium Solani	10	6,0
12. Salmonella typhosa	10	0,06	41. Fusarium Oxysporum	10	6,0
13. Salmonella paratyphy	10	0,05	42. Stemphylium Botryosum	10	5,5
14. Salmonella schottmuelleri	10	0,05	Virus		
15. Salmonella typhimuriun	10	0,05	43. Polio I	30	0,21-0,30
16. Salmonella pullorum	10	0,05	44. Polio II	10	0,50-1,0
17. Salmonella choleraesuis	10	0,05	45. Polio III	2	0,11-0,20
18. Shigella dysenteriae	3	0,04-0,05	46. Coxsackie A2	3	0,44-0,58
19. Shigella paradysenteriae	3	0,04-0,05	47. Coxsackie B1	1	0,31-0,40
20. Shigella flexneri	3	0,04-0,05	48. Coxsackie B5	1	0,21-0,30
21. Vibrio cholerae	10	0,5	49. Adenovirus	1	0,20
22. Vibrio comma	10	0,5	50. Baculovirus	30	2,0-5,0
23. Vibrio anguillarun	10	0,5	Quistes		
24. Vibrio parahaemolyticus	10	0,5		10	20,0-50,0
25. Pseudomonas aeruginosas	10	1,6			
26. Pseudomonas fluorescens	10	1,6			
27. Pseudomonas sinuosa	10	1,6			
28. Pseudomonas líquida	10	1,0			

Anexo 4

Manejo de cadáveres humanos en situaciones de desastre ⁵⁹

El manejo de los fallecidos en situaciones de desastre comprende una serie de actividades como la búsqueda de los cuerpos, su localización, identificación, traslado al centro escogido como morgue, entrega a sus familiares y su disposición final siguiendo los ritos y costumbres de cada comunidad y las medidas legales o epidemiológicas que las autoridades definan.

Al ser una actividad multisectorial requiere del concurso de un equipo humano de la más diversa índole: personal de rescate, médicos legistas, fiscales, agentes del orden, personal administrativo, psicólogos, equipos de apoyo para el personal que está a cargo del manejo directo de los cuerpos, organizaciones independientes y hasta voluntarios de la comunidad.

El Estado tiene la obligación de establecer una reglamentación para el manejo del tema, cubriendo todos los aspectos mencionados y previendo la apropiación de los recursos que se consideren necesarios. El sector salud debe liderar la ‘preocupación sanitaria’ respecto al supuesto riesgo epidemiológico de los cuerpos y el apoyo emocional a los familiares de las víctimas.

Preparación de un plan para manejo masivo de cadáveres en desastres

En general, los planes para enfrentar el manejo masivo de cadáveres en situaciones de desastres deben tomar en cuenta las siguientes directrices:

1. Antes del desastre:

- a. Procesos normativos e identificación de líneas presupuestarias para el manejo del tema.
- b. Previsión de necesidades. Tener como referencia los datos básicos proporcionados por el Centro de Operaciones de Emergencia -COE- del país, que incluyan datos demográficos básicos y epidemiológicos y los datos de centros de referencia sobre catástrofes de todo tipo ocurridas en el país, o del mismo tipo en otros países.
- c. Planeación. Inclusión del tema en los planes de emergencia y contingencia, con asignación de responsables, lugares, procedimientos y dotación.

59. Puede ampliar esta información en: Organización Panamericana de la Salud. *Manejo de cadáveres en situaciones de desastre*. Washington. D.C., 2004.

- d. Subdividir los planes en unidades autosuficientes. La respuesta adecuada no suele requerir que todo el personal especializado esté familiarizado con todos los aspectos del plan.
- e. Difundir ampliamente el plan. Todos los involucrados en el manejo de los cadáveres deben conocer la existencia de este plan y estar familiarizados con él.
- f. Realizar ejercicios periódicos para poner a prueba el plan. La ausencia de una prueba real anula en gran medida la validez del mejor de los planes abstractos.
- g. Preparación. Identificación del recurso humano de las instituciones o grupos responsables. Capacitación de los grupos y dotación de los elementos e insumos básicos necesarios.
- h. Elaboración de listas de chequeo para verificación en la fase de alerta o alarma por fenómenos vulcanológicos.

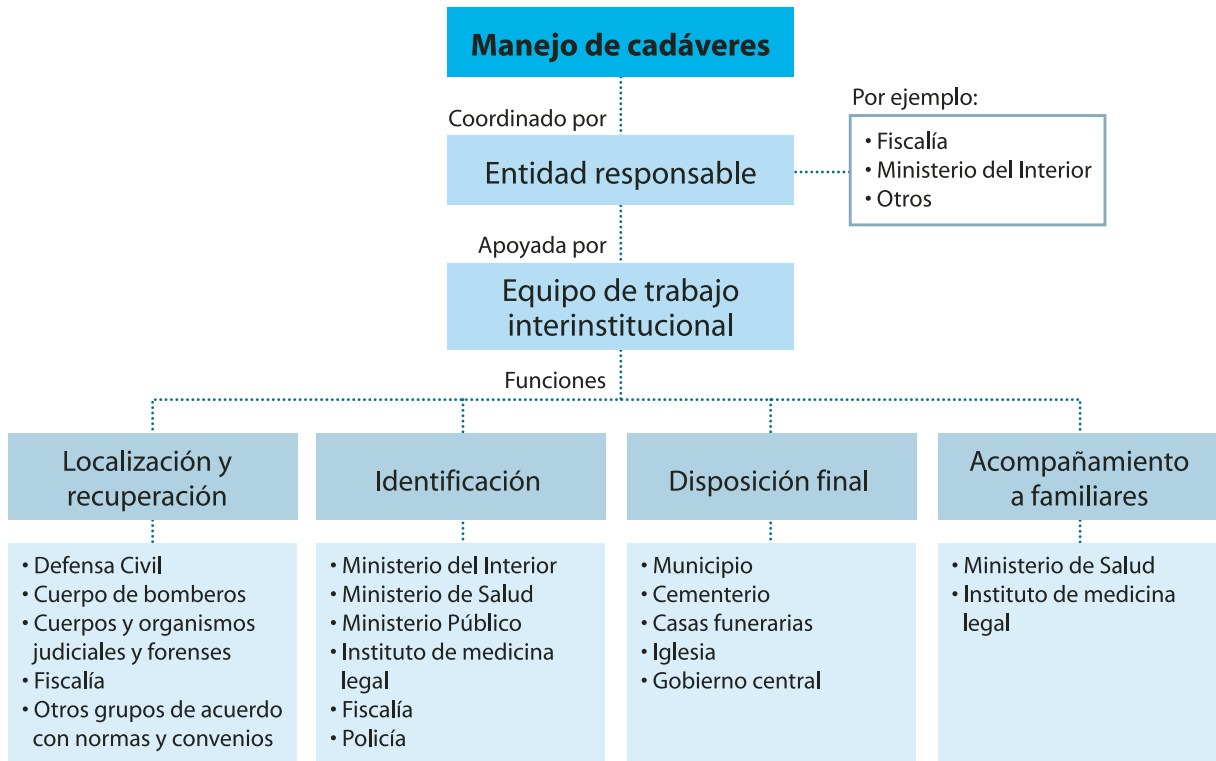
2. Durante el desastre.

- a. Acceso a recursos en el momento de la emergencia: personal para la recuperación de los muertos, contenedores refrigerados para que sirvan como morgues provisionales, espacio donde se podrían enterrar los cuerpos, fuentes de recursos extra presupuestarias.
- b. Activación del sistema de búsqueda identificación y recuperación de cadáveres.
- c. Activación de los sistemas de información y soporte emocional a los familiares.
- d. Activación de los sistemas de transporte conservación y disposición final de los cadáveres.
- e. Procesos de registro estadístico, consolidación de informes y evaluación de procesos.

3. Después del desastre.

- a. Revisión y evaluación de informes y procesos.
- b. Retroalimentación de la fase de antes del desastres con los resultados de las evaluaciones.

Organigrama administrativo para el manejo de cadáveres



Anexo 5

Cinco claves para el manejo de alimentos (Organización Mundial de la Salud)

Elija alimentos elaborados y comercializados higiénicamente

- a. Lávese las manos antes de preparar alimentos y a menudo durante la preparación.
- b. Lávese las manos después de ir al baño.
- c. Lave y desinfecte todas las superficies y equipos usados en la preparación de alimentos. Proteja los alimentos y las áreas de cocina de insectos, mascotas y de otros animales; guarde los alimentos en recipientes cerrados.

¿Por qué? En la tierra, el agua, los animales y la gente se encuentran microorganismos peligrosos que causan enfermedades originadas en los alimentos. Ellos son llevados de una parte a otra por las manos, los utensilios, ropa, trapos de limpieza, esponjas y cualquier otro elemento que no ha sido adecuadamente lavado y un contacto leve puede contaminar los alimentos.

Separe alimentos crudos y cocinados

- a. Separe siempre los alimentos crudos de los cocinados y de los listos para comer.
- b. Use equipos y utensilios diferentes, como cuchillas o tablas de cortar, para manipular carne, pollo y pescado y otros alimentos crudos.
- c. Conserve los alimentos en recipientes separados para evitar el contacto entre crudos y cocidos.

¿Por qué? Los alimentos crudos, especialmente carne, pollo y pescado y sus jugos, pueden estar contaminados con microorganismos peligrosos que pueden transferirse a otros alimentos, tales como comidas cocinadas o listas para comer, durante la preparación de los alimentos o mientras se conserven.

Cocine completamente

- a. Cocine completamente los alimentos, especialmente carne, pollo, huevos y pescado.

- b. Hierva los alimentos como sopas y guisos para asegurarse que ellos alcanzaron 70°C. Para carnes rojas y pollos cuide que los jugos sean claros y no rosados.
- c. Recaliente completamente la comida cocinada

¿Por qué? La correcta cocción mata casi todos los microorganismos peligrosos. Los estudios enseñan que cocinar el alimento de tal manera que todas las partes alcancen 70°C garantiza la inocuidad de estos alimentos para el consumo. Existen alimentos, como trozos grandes de carne, pollos enteros o carne molida, que requieren especial control de la cocción. El recalentamiento adecuado mata los microorganismos que puedan haberse desarrollado durante la conservación de los alimentos.

Mantenga los alimentos a temperaturas seguras.

- a. No deje alimentos cocidos a temperatura ambiente por más de 2 horas.
- b. Refrigere lo más pronto posible los alimentos cocinados y los perecibles (preferiblemente bajo los 5°C).
- c. Mantenga la comida caliente (arriba de los 60°C).
- d. No guarde comida por mucho tiempo, aunque sea en la nevera. Los alimentos listos para comer destinados a los niños no deben guardarse.
- e. No descongele los alimentos a temperatura ambiente.

¿Por qué? Algunos microorganismos pueden multiplicarse muy rápidamente si el alimento es conservado a temperatura ambiente, pues necesitan alimento, humedad, temperatura y tiempo para reproducirse. Bajo los 5°C o arriba de los 60°C el crecimiento microbiano se hace más lento o se detiene. Algunos microorganismos patogénicos pueden todavía crecer en temperaturas bajo los 5°C.

Use agua y materias primas seguras.

- a. Use agua tratada para que sea segura.
- b. Seleccione alimentos sanos y frescos.

- c. Para su inocuidad elija alimentos ya procesados, tales como leche pasteurizada.
- d. Lave las frutas y las hortalizas, especialmente si se comen crudas.
- e. No utilice alimentos después de la fecha de vencimiento.

¿Por qué? Las materias primas, incluyendo el agua, pueden contener no solo microorganismos sino también químicos dañinos. Es necesario tener cuidado en la selección de los productos crudos y tomar medidas de prevención que reducen el peligro como lavarlos y pelarlos.

Glosario

Acuífero, manto: formación o estructura geológica de rocas, grava y arena, situada encima de una capa impermeable que posee la capacidad de almacenar agua que fluye en su interior.

Agua potable: apta para el consumo humano, incolora e inodora, oxigenada, libre de bacterias patógenas y de compuestos de nitrógeno y de un grado de dureza inferior a 30. Los límites bacteriológicos que determinan la potabilidad del agua son los siguientes: dos organismos coliformes por cada cien mil, no contener partículas fecales en suspensión. Las características organolépticas deberán ser: PH de 6.9 a 8.5; turbiedad: hasta 10 unidades en la escala de sílice, o su equivalente en otro método.

Alarma: sistema sonoro o visual que permite notificar a la comunidad la presencia de un riesgo que pone en grave peligro sus vidas. Al activarse la alarma, las personas involucradas toman las medidas preventivas necesarias de acuerdo a una preparación preestablecida.

Albergue: vivienda o alojamiento temporal para las víctimas de un desastre.

Alerta: es el estado generado por la declaración formal de la presentación cercana o inminente de un evento. No solo se divulga la proximidad del desastre, sino que se determinan las acciones que deben realizar, tanto las instituciones como la población.

Amenaza: peligro latente asociado con un fenómeno de origen natural, tecnológico o provocado por el hombre, que puede manifestarse en un sitio específico y en un tiempo determinado, produciendo efectos adversos en las personas, los bienes, servicios y el medio ambiente. La amenaza se refiere a la probabilidad de ocurrencia de un evento con una cierta intensidad, en un sitio específico y en un periodo de tiempo determinado.

Atención prehospitalaria (APH): comprende todas las acciones de rescate, salvamento y atención médica que se brinda a una persona o grupo de personas, en el sitio de la emergencia y durante su transporte hacia el centro asistencial de recepción, o cuando es remitido de un centro asistencial a otro.

Contaminante: toda materia, sustancia, o sus combinaciones, compuestos o derivados químicos y biológicos, (humos, gases, polvos, cenizas, bacterias, residuos, desperdicios y cualquier otro elemento), así como toda forma de energía (calor, radiactividad, ruido), que al entrar en contacto con el aire,

el agua, el suelo o los alimentos, altera o modifica su composición y condiciona el equilibrio de su estado normal.

Contingencia: evento que puede suceder o no suceder para el cual debemos estar preparados.

Damnificado: persona afectada que ha sufrido pérdidas de sus propiedades o bienes, incluso su vivienda; requiere asistencia social, económica y trabajo temporal para garantizar su bienestar y subsistencia.

Desastre: alteración intensa en las personas, el medio ambiente que las rodea o sus bienes, generado por causas naturales, tecnológicas o por el hombre y que ocasiona un incremento en la demanda de atención médica de emergencia, excediendo su capacidad de respuesta.

Los desastres son la materialización de unas condiciones de riesgo existentes, las cuales dependen no solo de la posibilidad de que se presenten eventos o fenómenos intensos, sino también de que existan condiciones de vulnerabilidad que son los agentes que favorecen o facilitan la manifestación del desastre ante la presencia de los fenómenos.

Ecosistema: unidad espacial definida por un complejo de componentes y procesos físicos y bióticos que interactúan en forma interdependiente y que han creado flujos de energía característicos y ciclos o movilización de materiales.

Emergencia: toda situación generada por la ocurrencia real o inminente de un evento adverso, que requiere de una movilización de recursos, sin exceder la capacidad de respuesta de la comunidad afectada.

Evacuación: es el conjunto integral de acciones tendientes a desplazar personas de una zona de mayor amenaza a otra de menor peligro.

Gestión ambiental: administración integrada del ambiente con criterio de equidad para lograr el bienestar y desarrollo armónico del ser humano, de forma tal que se mejore la calidad de vida y se mantenga la disponibilidad de los recursos, sin agotar o deteriorar los renovables ni dilapidar los no renovables, en beneficio de las presentes y futuras generaciones.

Impacto ambiental: modificación del ambiente ocasionada por la acción del hombre o de la naturaleza. El impacto ambiental puede ser provocado por un evento adverso que imposibilita el uso, deteriora o destruye bienes y servicios necesarios para la calidad de vida del ser humano.

Líneas vitales: infraestructura básica o esencial. Energía: presas, subestaciones, líneas de fluido eléctrico, plantas de almacenamiento de combustibles, oleoductos, gasoductos. Transporte: redes viales, puentes, terminales de transporte, aeropuertos, puertos fluviales y marítimos. Agua: plantas de tratamiento, acueductos, alcantarillados, canales de irrigación y conducción. Comunicaciones: redes y plantas telefónicas, estaciones de radio y televisión, oficinas de correo e información pública.

Logística: actividades operacionales relacionadas con provisiones, manejo, transporte y la distribución de materiales; también aplicable al transporte de personas.

Mapa de amenaza: descripción topográfica de escala variable, al cual se le agrega la señalización de un tipo específico de peligro, diferenciando las probabilidades alta, media y baja de ocurrencia de un desastre.

Mitigación: es el conjunto de acciones dirigidas a reducir los efectos generados por la presentación de un evento. Busca implementar acciones que disminuyan la magnitud del evento y, por ende, disminuir al máximo los daños.

Monitoreo: sistema que permite la observación, medición y evaluación continua del progreso de un proceso o fenómeno a la vista, para tomar medidas correctivas. El monitoreo puede ser sismológico, vulcanológico, hidrometeorológico, radiológico, etc.

Niveles de atención: clasificación de las instituciones de salud en virtud de la complejidad de la institución (tipo de servicios prestados).

Partes por millón (ppm): unidad de medida comúnmente usada para expresar el rango de contaminación, como en los máximos de contaminantes permisibles establecidos para el agua, suelo y aire.

Plan de contingencia: componente del plan hospitalario de desastres que contiene los procedimientos para la pronta respuesta en caso de presentarse un evento específico.

Plan de emergencia: definición de políticas, organización y métodos, que indican la manera de enfrentar una situación de emergencia o desastre, en lo general y en lo particular, en sus distintas fases.

Plan hospitalario de desastres (PHD): conjunto de políticas, estrategias, métodos e instrumentos, que orientan la preparación de una institución prestadora de servicios de salud para enfrentar una situación de emergencia o desastre en sus distintas etapas.

Preparación: es el conjunto de medidas y acciones encaminadas a reducir al mínimo la pérdida de vidas humanas y otros daños. Comprende actividades tales como la elaboración de planes para la búsqueda, el rescate, el socorro y la asistencia de las víctimas, así como el desarrollo de planes de contingencia o de procedimientos según la naturaleza del riesgo y su grado de afectación.

Prevención: comprende las acciones dirigidas a eliminar el riesgo, ya sea evitando la presentación del evento o impidiendo los daños.

Reconstrucción: es el proceso mediante el cual se repara la infraestructura, se restaura el sistema de producción y se recupera el patrón de vida de los pobladores.

Recuperación: proceso de restablecimiento de las condiciones de vida normales de una comunidad afectada por un desastre.

Red hospitalaria: sistema compuesto por centros asistenciales de diferente nivel de complejidad de atención, con mecanismos de interacción definidos, donde el principio de complementariedad regula las relaciones.

Reducción del riesgo: actividades dirigidas a eliminar el riesgo o a disminuirlo, en un esfuerzo claro y explícito por evitar la presentación de desastres.

Rehabilitación: comprende el período de transición que se inicia al final de la respuesta, en el que se restablecen, a corto plazo, los servicios básicos indispensables.

Relleno sanitario: método de ingeniería sanitaria para la disposición final de desechos sólidos en terrenos propios para el efecto, protegiendo el medio de la contaminación por malos olores, arras-

tre por vientos, plagas de moscas y ratas. Consiste en depositar los desechos sólidos en capas delgadas, compactarlos al menor volumen posible y cubrirlos con una capa de tierra.

Residuos peligrosos: todo tipo de residuo que por sus características o composición son infecciosos, combustibles, inflamables, explosivos, reactivos, radiactivos, volátiles, corrosivos y/o tóxicos; así mismo se consideran peligrosos los envases, empaques y embalajes que hayan estado en contacto con ellos.

Residuos no peligrosos: productos inertes que no representan ningún riesgo para la salud y/o para el ambiente.

Respuesta: comprende las acciones llevadas a cabo ante un evento adverso y que tienen por objeto salvar vidas, reducir el sufrimiento humano y disminuir las pérdidas en la propiedad.

Riesgo: es la probabilidad de exceder un valor específico de consecuencias económicas, sociales o ambientales en un sitio particular y durante un tiempo de exposición determinado. Se obtiene de relacionar la amenaza con la vulnerabilidad de los elementos expuestos.

Salud pública: ciencia y arte de prevenir, prolongar la vida, fomentar la salud y la eficiencia física y mental, mediante esfuerzos organizados de la comunidad para sanear el medio ambiente, controlar las enfermedades, las lesiones, educar al individuo, organizar los servicios para el diagnóstico, tratamiento y rehabilitación, así como desarrollar la maquinaria social que le asegura a cada miembro de la comunidad un nivel de vida adecuado para el mantenimiento de la salud.

Sistemas de referencia y contrarreferencia: conjunto de normas, protocolos y procedimientos ordenados a fin de orientar la atención y remisión de pacientes entre los diferentes niveles de atención. Este aspecto pretende racionalizar al máximo los recursos disponibles bajo parámetros de eficiencia, efectividad y oportuna atención de la salud

Víctima: persona afectada que ha sufrido daño en su salud e integridad física o mental ante los efectos directos e indirectos del evento.

Vulnerabilidad: es la susceptibilidad o la predisposición intrínseca de un elemento o de un sistema de ser afectado gravemente. Es el factor interno del riesgo, debido a que esta situación depende de

la actividad humana. La vulnerabilidad no es general, sino que debe entenderse en función de cada tipo de amenaza.

Las condiciones de vulnerabilidad son los agentes que favorecen o facilitan la manifestación del desastre ante la presencia de los fenómenos.

Zoonosis: denominación genérica de las enfermedades infecciosas de los animales que pueden ser transmisibles al ser humano.

Bibliografía

Capítulo 1

Impacto de la actividad volcánica en la salud ambiental

- García, Fabio. *La actividad volcánica y el medio ambiente*. En: II Simposio Internacional de Geoquímica Ambiental en Países Tropicales.
- Organización Panamericana de la Salud. *Efecto de la erupción del volcán Reventador (2002) en los sistemas de agua y alcantarillado*. Serie Salud ambiental y desastres, No.4. OPS-CEPIS. Lima, Perú, 2003.
- Organización Panamericana de la Salud. *Emergencias y desastres en sistemas de agua potable y saneamiento: guía para una respuesta eficaz*. Washington D.C., 2001.
- Organización Panamericana de la Salud. *Impacto de los desastres en la salud pública*. Washington D.C., 2000.
- Organización Panamericana de la Salud. *Salud ambiental con posterioridad a los desastres naturales*. Publicación científica N° 430. Washington D.C., 1982.
- Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA, Centro de Formación Ambiental. *Ecología de un desastre*. Gonzalo Palomino Ortiz, Editor. Regional Tolima. 1986.

Capítulo 2

Medidas de protección de la salud ambiental

- Cruz Roja Colombiana. *Programa de preparativos hospitalarios para desastres*. Bogotá, Colombia, 2003.
- Ministerio de Salud Pública del Ecuador / Organización Panamericana de la Salud. *Manual de producción de hipoclorito de sodio para desinfección de agua a nivel domiciliario*. II edición. Ecuador, 2002.
- Organización Panamericana de la Salud. *Manual de evaluación de daños y necesidades en salud para situaciones de desastre*. Ecuador, agosto de 2004.
- Organización Panamericana de la Salud. *Manejo de cadáveres en situaciones de desastre*. Washington D.C., 2004.
- Organización Panamericana de la Salud. *Efecto de la erupción del volcán Reventador en los sistemas de agua y alcantarillado*. Perú, 2003.
- Organización Panamericana de la Salud. *Gestión de residuos sólidos en situaciones de desastre*. Washington D.C., 2003.

- Organización Panamericana de la Salud. *Agua y saneamiento: opciones prácticas para vivir mejor*. Cuarta edición. Colombia, 2002.
- Organización Panamericana de la Salud. *Los desastres naturales y la protección de la salud*. Washington D.C., 2000.
- Organización Panamericana de la Salud. *Impacto de los desastres en la salud pública*. Washington D.C., 2000.
- Organización Panamericana de la Salud. *Salud ambiental con posterioridad a los desastres naturales*. Publicación científica N° 430. Washington D.C., 1982.
- Scott R., Lillibridge. Manejo de los aspectos de salud ambiental en los desastres: agua, excretas humana y albergues. En: *Impacto de los desastres en la salud pública*. OPS. 2000.
- Solsona, F. *Manual de desinfección del agua*. CEPIS-OPS/OMS. Lima, 2002.
- Valencia R., Diego. Guía para el aseguramiento de la inocuidad de alimentos en emergencias y desastres. En: *Revista Médica de Risaralda*. Mayo de 2001.
- El Proyecto Esfera, carta humanitaria y normas mínimas de respuesta humanitaria en casos de desastre. <http://www.sphereproject.org>
- EvyCareli. Finca orgánica en Ambato, Ecuador. www.evycareli.com/organic_s.html

Capítulo 3

Contaminación atmosférica por emisiones volcánicas

- Efecto sobre la función pulmonar en personas expuestas a cenizas del volcán Popocatépetl. En: *Revista Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias de México*. Volumen 8, Número 2. Abril-junio de 1995.
- Ministerio de Salud Pública del Ecuador. *Efectos en la salud por las erupciones del Tungurahua*. Boletín No.1. Febrero de 2000.
- Noji, Eric K. *Impacto de los desastres en la salud pública*. Organización Panamericana de la Salud. Bogotá. 2000.
- Organización Panamericana de la Salud. *Erupciones volcánicas y protección de la salud*. Quito, Ecuador, 2000.
- Organización Panamericana de la Salud. *¿Cómo prepararse y qué hacer durante la caída de ceniza volcánica?* www.paho.org/spanish/dd/ped/te_volc.htm

- Seaman, John; Leivesly, Sally; y Hogg, C. *Epidemiología de desastres naturales*. Editorial Harla. 1989.
 - Department of the Interior, U.S. Geological Survey, Menlo Park, California, U.S.
<http://volcanoes.usgs.gov/hazards/what/VolGas/volgas.html>
 - www.united.edu/tratado/c100802.html
-
- Valencia, Juan Felipe. Entrevista. Manizales. Julio de 2004.