





LOS RIESGOS DE LOS GASES VOLCÁNICOS Y GEOTERMALES PARA LA SALUD

UNA GUÍA PARA EL PÚBLICO

Esta guía ha sido preparada por la Red Internacional de Amenazas Volcánicas para la Salud (IVHHN) para explicar los efectos potenciales adversos a la salud de gases volcánicos y geotermales y emisiones de aerosoles.

Se brinda información general sobre cómo protegerse uno mismo y a su familia. La información está basada en una gama de evidencias de la academia y agencias de salud y regulatorias. Comuníquese con su agencia local de salud pública o de gestión de emergencia para información especializada para el área donde vive.

La información en este panfleto fue escrita por Bernadette Longo (Universidad de Nevada, EUA), Tamar Elias (U.S. Geological Survey) y Claire J. Horwell (Universidad de Durham, Reino Unido) y ha sido revisada por un panel de expertos: Fatima Vivieros (Universidad de las Azores, Portugal); Peter Baxter (Universidad de Cambridge, Reino Unido); Yasuhiro Ishimine (Kagoshima University, Japan); Carol Stewart (Massey University, New Zealand); Evgenia Ilyinskaya (Universidad de Leeds, Reino Unido); Þórólfur Guðnason (Dirección de Salud, Islandia); y David Damby y colegas (U.S. Geological Survey). Gracias a Pierre Yves Tournigand por las ilustraciones. Se agradece a Rosario Muñoz (OPS) y María Aurora Armienta (UNAM, México) por la traducción al español.



ÍNDICE


1. ¿Qué son los gases volcánicos y geotermales?	3
2. ¿Qué es el aerosol volcánico?	4
3. ¿Qué es la lluvia ácida?	5
4. Transporte y asentamiento de la contaminación volcánica	6
5. ¿Cuáles son los efectos a la salud de los gases y aerosoles volcánicos?	7
6. Cómo protegerse de emisiones volcánicas y geotermales	12
7. Otros efectos de las emisiones volcánicas	16
8. Referencias	18

1. ¿QUÉ SON LOS GASES VOLCÁNICOS Y GEOTERMALES?

Algunas erupciones volcánicas son explosivas, lanzan con gran energía una mezcla de gases y fragmentos de rocas de diferentes tamaños (incluidas cenizas y piedra pómez), que presentan una variedad de riesgos. Los volcanes menos explosivos pueden emitir silenciosamente gases y flujos de lava. Los gases volcánicos también pueden ser liberados entre erupciones, o durante meses y años después de una erupción, aunque la emisión de gases probablemente será menor en estas situaciones. Las emisiones volcánicas pueden causar contaminación del aire que podría ser peligrosa para la gente, los animales, la agricultura, y la propiedad.

Los volcanes y las áreas geotérmicas emiten una variedad de contaminantes del aire, incluidos gases y partículas finas. El gas volcánico más abundante es el vapor de agua, que es inofensivo. Sin embargo, los volcanes emiten también cantidades significativas de dióxido de carbono (CO_2), dióxido de azufre (SO_2), sulfuro de hidrógeno (H_2S) y cantidades menores de haluros de hidrógeno (cloruro de hidrógeno [HCl] y fluoruro de hidrógeno [HF]) y monóxido de carbono (CO). En áreas geotérmicas, el agua subterránea calentada por magma cercano a la superficie puede crear fuentes termales de larga duración y fumarolas, que liberan vapor que también puede contener gases volcánicos, particularmente CO_2 y H_2S . Los metales como el plomo y el mercurio también pueden estar presentes en las emisiones volcánicas y geotérmicas.





En lugares donde la lava fundida fluye al océano, ésta reacciona vigorosamente con el agua de mar para crear grandes columnas de vapor ácido que contienen gases HCl y HF y partículas de vidrio volcánico. En algunas partes del mundo (por ejemplo, en Hawái), estas columnas son conocidas como “laze” (una combinación de las palabras lava y neblina en inglés).

Algunos volcanes y áreas geotermales emiten radón, un gas radioactivo producido por la desintegración del uranio en las profundidades de la tierra. En áreas volcánicas, el radón se emite desde el suelo junto con el CO₂. Al aire libre, el radón y el CO₂ se diluyen rápidamente en la atmósfera y ya no son motivo de preocupación. Sin embargo, en espacios reducidos, como edificios, el radón y el CO₂ se pueden acumular a niveles dañinos.

Los gases volcánicos no tienen color, aunque tienen diferentes olores:

- ✦ SO₂ – fósforos encendidos o fuegos artificiales
- ✦ H₂S – olor a huevo podrido
- ✦ HF and HCl – fuerte, irritante, picante
- ✦ CO₂ y radón – no tienen olor

2. ¿QUÉ ES EL AEROSOL VOLCÁNICO?

A medida que el gas SO₂ se libera de un volcán, reacciona en la atmósfera para formar pequeñas partículas sólidas y gotas de líquido suspendidas en el aire, llamadas aerosol de sulfato. Los sulfatos volcánicos son ácidos y crean una neblina visible en la dirección del viento. En los Estados Unidos, esta contaminación se conoce como “vog” (smog o niebla volcánica en inglés). Las áreas a más de 100 kilómetros o 60 millas en la dirección del viento son principalmente afectadas por los aerosoles; sin embargo, las áreas más cercanas a las bocas o cráteres pueden estar expuestas tanto al gas SO₂ como al aerosol.

La cantidad de aerosol de sulfato en el aire se puede medir con monitores de contaminación que miden partículas muy pequeñas como PM_{2.5} o PM₁₀ (material particulado con diámetros menores a 2,5 o 10 micrómetros). En comparación, un cabello humano es aproximadamente 30 veces más ancho que PM_{2.5}. Estas pequeñas partículas se pueden inhalar profundamente en los pulmones. Otras fuentes de PM_{2.5} incluyen los gases de escape de vehículos y el humo de incendios forestales. Las partículas de ceniza volcánica tienden a ser más grandes, con una baja proporción en la categoría PM_{2.5} o PM₁₀.

3. ¿QUÉ ES LA LLUVIA ÁCIDA?

En áreas donde se presenta una columna de gases volcánicos y aerosoles, es probable que haya lluvia ácida, que es lluvia acidificada por SO₂ y otros gases ácidos. En áreas cercanas a una ventila o cráter, la lluvia puede tener una acidez similar a un limón recién exprimido (pH de 2). La lluvia ácida puede irritar la piel y los ojos y provocar una sensación de escozor. También puede dañar las plantas y acelerar la oxidación de superficies metálicas en edificios, vehículos, equipos agrícolas e infraestructura de servicios públicos. La lluvia ácida también puede afectar la calidad del agua superficial y matar a los peces en estanques al aire libre.



4. TRANSPORTE Y ASENTAMIENTO DE LA CONTAMINACIÓN VOLCÁNICA

Durante las erupciones, las columnas de emisiones volcánicas pueden viajar de cientos a miles de kilómetros (millas) a favor del viento, contaminando el aire a nivel local y en lugares distantes. En cualquier lugar, las concentraciones de gas y aerosoles en un día determinado se deben principalmente a la cantidad liberada por el volcán, la distancia desde las fuentes de emisión y la dirección y velocidad del viento.

Tanto en áreas volcánicas como geotérmicas, los gases pueden liberarse directamente del suelo, en un área amplia. Algunos gases, como el CO_2 , el H_2S y el radón, son más densos que el aire y pueden estancarse en áreas sin viento, confinadas o bajas y crear una amenaza severa (por ejemplo, sótanos, agujeros de excavación, tubos y cuevas de lava o nieve, o edificios poco ventilados). Los trabajadores, los niños que se encuentran cerca del suelo y las personas que utilizan aguas termales son particularmente vulnerables. Muy raramente, las aguas profundas de lagos de cráteres volcánicos han ascendido, liberando una gran cantidad de CO_2 denso que puede fluir cuesta abajo, desplazando el aire y asfixiando a personas y animales en su camino.



Los gases: HF y HCl, se diluyen rápidamente en el aire, se disuelven fácilmente en el agua, y pueden afectar los suministros de agua cerca de la erupción. Si la erupción también está lanzando ceniza, el flúor y otros contaminantes pueden adherirse a las partículas de ceniza y viajar mucho más lejos en la dirección del viento.



5. ¿CUÁLES SON LOS EFECTOS A LA SALUD DE LOS GASES Y AEROSOLES VOLCÁNICOS?

La gente está expuesta a gases y aerosoles volcánicos al respirar o por el contacto con la piel y los ojos. Los efectos adversos para la salud varían de leves a graves y, ocasionalmente, pueden llegar a ser letales. Los efectos a la salud dependen del tipo y concentración del gas en el aire, el tiempo de exposición, y la sensibilidad de la persona. La nariz y las vías respiratorias pueden filtrar, disolver y/o neutralizar algunos gases y aerosoles, reduciendo la cantidad que llega a los pulmones. Sin embargo, los gases de azufre, HF, HCl y aerosoles volcánicos son ácidos y pueden irritar las superficies húmedas de las vías respiratorias y pulmones. El CO₂ y el H₂S pueden causar asfixia.

Las personas deben estar conscientes de los efectos potenciales sobre la salud cuando visitan un ambiente volcánico o geotermal. Se recomienda no viajar sin compañía a algunos lugares, en caso de que se requiera asistencia inmediata. Si alguien en su grupo se enferma repentinamente o colapsa, todos deben evacuar el área inmediatamente. Se debe llevar a la persona a un lugar con aire fresco y contactar a los equipos de rescate de emergencia, si es necesario.

Efectos a la salud de la contaminación temporal debida a gases volcánicos

Síntoma físico	SO ₂	H ₂ S	CO ₂	HF/HCl	MP*
Irritación de la nariz, garganta, ojos, o piel	X	X	X	X	X
Tos y/o flemas	X	X	X	X	X
Compresión o irritación del pecho/pulmones	X	X	X	X	X
Falta de aire	X	X	X	X	X
Dolor de cabeza	X	X	X	X	X
Agravamiento del asma (sibilancias)	X	X		X	X
Fatiga y/o mareos	X	X	X		
Respiración rápida			X		
Náuseas	X	X	X		
Efectos cardiovasculares (en concentraciones altas)	X			X	X

*PM - el material particulado incluye aerosoles de sulfato volcánico.

La evidencia de algunos efectos se ha derivado principalmente de estudios sobre contaminación urbana.

Información específica

SO₂ La sensibilidad de los individuos varía; sin embargo, las personas con asma tienen sensibilidad particular al SO₂, y la exposición puede empeorar sus síntomas. Los asmáticos deben seguir su plan de acción para asma, si tienen uno, y llevar consigo sus medicamentos en áreas volcánicas. La población general debe evitar la exposición al SO₂ sobre los niveles recomendados en el aire (que son específicos para cada país). La exposición a concentraciones altas (superiores a alrededor de 40 partes por millón o ppm) puede causar náuseas, vómitos, dolores de estómago y daño a las vías respiratorias y los pulmones. En concentraciones muy altas (más de 100 ppm), el SO₂ puede causar desmayos repentinos, edema pulmonar, y muerte. La exposición a una combinación de SO₂ y partículas respirables puede incrementar los efectos negativos para la salud. Los efectos a largo plazo debidos a una exposición persistente a concentraciones bajas de SO₂ volcánico todavía están siendo evaluados.



H₂S La exposición a concentraciones altas (más de 100 ppm) de H₂S, o periodos largos con exposición a concentraciones bajas pueden debilitar el sentido del olfato de una persona. Por lo tanto, se pierde la habilidad de oler el H₂S como advertencia, y es posible que no se detecte el aroma común de ‘huevos podridos’. Las exposiciones repetidas pueden resultar en daños a la salud que antes eran tolerados sin problema. La Administración de EUA para la Seguridad y Salud Ocupacional (OSHA) ha determinado un límite máximo de 20 ppm para la exposición ocupacional, aunque señala que aún exposiciones tan pequeñas como 2 a 5 ppm pueden causar irritación en los ojos, dolores de cabeza, náusea, o problemas respiratorios en asmáticos. A medida que suben las concentraciones, los síntomas pueden incluir fatiga, pérdida de apetito, mareos, o irritación del tracto respiratorio. Exposiciones muy altas (más de 500 ppm) pueden causar desmayos repentinos, o la muerte, en minutos.

CO₂ Aunque el CO₂ está presente en nuestra atmósfera a un nivel de alrededor de 400 ppm (0.04%), la exposición a 50.000 ppm (5%) puede causar dificultad para respirar, dolores de cabeza, sudor, y palpitaciones aceleradas. A medida que se incrementan las concentraciones, pueden presentarse mareos, debilidad muscular, confusión mental, somnolencia, zumbido en los oídos, y vómitos. En concentraciones muy altas (más de 100.000 ppm; 10%), el CO₂ puede causar desmayos repentinos, asfixia, y muerte.

HCl y HF Ambos gases normalmente son componentes menores de las plumas volcánicas; sin embargo, pueden causar irritación aguda en la piel, ojos, nariz, garganta, y pulmones. Se deben tomar precauciones especiales si usted se encuentra cerca de un área donde la lava está entrando al océano (Sección 1). Concentraciones muy altas de HCl (50-100 ppm) pueden causar inflamación del sistema respiratorio y edema pulmonar (acumulación de líquidos e inflamación en los pulmones) que pueden llevar a la muerte. Las concentraciones de HF de más de 50 ppm son peligrosas, aún durante periodos cortos.

Aerosol de sulfato Los estudios en poblaciones urbanas han demostrado que la exposición en el corto y largo plazo a $PM_{2.5}$ o PM_{10} puede causar enfermedades respiratorias y cardiovasculares, y muerte prematura. Todavía no se sabe si los efectos a la salud por la exposición a aerosoles de sulfato son los mismos que las exposiciones urbanas de PM.

Radón La exposición al radón en el corto plazo no tiene síntomas. A largo plazo, la exposición a concentraciones altas de radón (por ejemplo, exposiciones bajo techo) es una causa de cáncer pulmonar.

Los efectos descritos de los gases en diferentes concentraciones de aire provienen de la Agencia de EUA para el Registro de Sustancias Tóxicas y Enfermedades (ATSDR). Vea también www.ivhnh.org/information/information-different-volcanic-gases.



Grupos sensibles

La susceptibilidad de las personas a la contaminación del aire varía, y algunos grupos tienen probabilidades más altas de sufrir sus efectos nocivos. Los grupos sensibles incluyen:

- ✚ Personas con asma, o con problemas pulmonares o cardíacos
- ✚ Adultos mayores
- ✚ Bebés y niños
- ✚ Mujeres embarazadas



La exposición a gases volcánicos y geotermales puede empeorar los síntomas de personas con condiciones de salud preexistentes. Los adultos mayores también pueden ser sensibles a ciertos efectos debido a la deterioración de la salud de sus corazones y pulmones. Los niños son más sensibles que los adultos porque respiran más rápidamente, son más activos y tienen pulmones más grandes que los adultos en proporción a su tamaño. Sus narices son menos eficientes para filtrar gases y partículas, y con frecuencia respiran por la boca, suprimiendo el efecto filtrante de la nariz. Los grupos sensibles deben ser especialmente cautelosos y seguir las acciones recomendadas en entornos volcánicos (ver la siguiente sección).





6. CÓMO PROTEGERSE DE EMISIONES VOLCÁNICAS Y GEOTERMALES

Esté preparado

- ✦ Entienda la amenaza:
 - ✦ Familiarícese con páginas web que vigilan la calidad del aire (por ejemplo, SO₂, PM) y pronósticos del tiempo para el área. Los cambios en los patrones de los vientos podrían llevar las emisiones a donde vive.
 - ✦ Manténgase informado sobre las condiciones volcánicas en su área y esté pendiente de las concentraciones de gases y aerosoles volcánicos. Las erupciones y emisiones de gases pueden cambiar de imprevisto, por lo que se debe mantener alerta.
 - ✦ Cada entorno volcánico es diferente y la amenaza específica de los gases puede variar.

- ✦ Siga las pautas generales de preparación para desastres:
 - ✦ Manténgase al corriente de la información específica de protección civil y salud para su localidad.
 - ✦ Mantenga un kit de suministros de emergencia en su vivienda (comida, agua, medicamentos esenciales, etc.) por si necesita evacuar el área o ir a un refugio.
 - ✦ Tenga un plan de evacuación, empaque artículos esenciales y esté preparado para evacuar rápidamente con su familia y mascotas.
 - ✦ Haga un plan familiar sobre cómo comunicarse y encontrarse con cada miembro de la familia.
 - ✦ Mantenga sus medicamentos a la mano. Si sufre de asma o alguna otra afección del corazón o los pulmones mantenga sus medicamentos a la mano y úselos como han sido prescritos. Si no tiene medicamentos, pero piensa que los necesitará, llame a su doctor.




Cómo protegerse

- ✦ **Cúidese a sí mismo:**
 - ✦ No fume y trate de evitar el humo de segunda mano.
 - ✦ Manténgase hidratado. Tome suficientes líquidos para ayudar a evitar la congestión. Los líquidos tibios o calientes pueden ayudar a algunas personas.
 - ✦ Trate la congestión o irritación. Los aerosoles nasales o las gotas para los ojos de venta libre pueden ayudar a reducir los síntomas en algunas personas.
 - ✦ Las personas con condiciones preexistentes deben vigilar cuidadosamente su salud y comunicarse con su doctor, si es necesario.
 - ✦ Si empieza a sentir dolores de pecho, mareos o debilidad, dificultad para respirar, o cualquier otro síntoma inusual debe contactar a un profesional de la salud.
- ✦ **Reduzca su exposición:**
 - ✦ En un ambiente volcánico o geotermal activo, muévase en contra de la dirección del viento y aléjese del olor de los gases si percibe concentraciones molestas.
 - ✦ Limite las actividades agotadoras cuando la calidad del aire disminuye. El trabajo al aire libre, el ejercicio y el esfuerzo aumentan las posibilidades de verse afectado por los gases y aerosoles. Intente respirar por la nariz y reduzca la respiración por la boca cuando esté al aire libre.

- ❖ Permanezca en el interior cuando la calidad del aire exterior se deteriore. Cierre todas las puertas y ventanas y selle los espacios grandes hacia el exterior (por ejemplo, usando cinta o láminas de plástico). Tenga cuidado de sobrecalentarse como resultado de sellar su casa. Incluso si su casa no está bien sellada, aún puede ofrecer algo de protección. Si están disponibles, considere visitar áreas interiores que estén mejor selladas y/o que tengan aire acondicionado (por ejemplo, edificios comerciales o negocios).
- ❖ Trate de eliminar las fuentes de contaminantes interiores (por ejemplo, cigarrillos, velas/incienso, cocinas sin ventilación, braseros y calentadores u otros aparatos que produzcan humo o monóxido de carbono).
- ❖ Reduzca la contaminación interior con un filtro de aire. Si es posible, cierre las puertas y ventanas y use un filtro de aire para ayudar a reducir los niveles de gases y aerosoles que hayan entrado. Para reducir las partículas, necesitará un filtro de partículas (filtro 'HEPA') y, para reducir el SO_2 , necesita un filtro de gas ácido para el filtro de aire. El aire acondicionado (ventilación exterior cerrada y configurada para recircular) y los deshumidificadores también pueden ayudar a mejorar la calidad del aire.



- 
- ❖ Refresque el aire en su vivienda o edificio cuando los niveles de contaminación hayan bajado, abra las puertas y ventanas.
 - ❖ Abandone el área si es necesario. Si las áreas interiores tienen una calidad de aire deficiente, considere mudarse de manera temporal a un área menos afectada.
 - ❖ Impida que las emisiones entren a su vehículo. Cierre sus ventanas y aperturas de aire temporalmente y apague el aire acondicionado y el ventilador cuando maneje por áreas seriamente afectadas. Asegure que su vehículo no se sobrecaliente como resultado de estas medidas.
 - ❖ Las mascarillas diseñadas para filtrar partículas no son efectivas para gases, aunque pueden ayudar con los aerosoles y la ceniza. Vea <https://www.ivhnh.org/es/ash-protection> para más información. Existen mascarillas comerciales hechas específicamente para filtrar gases; sin embargo, no son recomendadas para el público en general. Esto se debe a que el uso seguro de mascarillas de gas requiere la selección correcta de mascarilla y/o cartucho de filtro, prueba de ajuste, y capacitación sobre su uso correcto, mantenimiento y almacenamiento.
 - ❖ Se deben vigilar los cambios en la salud de los niños. Los adultos deben asegurar que la exposición de los niños se reduzca limitando el ejercicio, manteniéndose adentro o abandonando el área.
 - ❖ Si una vivienda o edificio está en un área geotermal, es necesario tener buena ventilación para reducir las concentraciones potenciales de radón y CO₂ en los interiores. En áreas con radón, se recomienda hacer mediciones de las concentraciones en los interiores.



7. OTROS EFECTOS DE LAS EMISIONES VOLCÁNICAS

Contaminación de los suministros de agua

- ✦ **Lluvia ácida:** La lluvia ácida puede disolver metales tóxicos, tales como el plomo, de los techos de metal y tuberías en los sistemas de captación para agua potable. Si tiene clavos, tapajuntas, pintura u otros materiales que contengan plomo, debe quitarlos del sistema de captación del techo. Si es posible, las tuberías de suministro deben desconectarse de los tanques antes de los eventos de lluvia ácida o caída de ceniza y volver a conectarse después.
- ✦ **Impacto en la salud humana:** Se han reportado problemas gastrointestinales (náusea, vómitos, dolor de estómago y/o diarrea) en personas que han tomado agua contaminada por emisiones volcánicas, probablemente por la disolución de metales. Además, las emisiones volcánicas también pueden incrementar las concentraciones de fluoruro en el agua potable recolectada en los techos la cual, cuando se consume regularmente, puede contribuir a la fluorosis. Esta condición puede dañar los dientes y, potencialmente, los huesos. En algunas circunstancias, cuando hay escasez de agua, la que se recolecta de los techos aún puede ser la mejor Fuente de agua doméstica.
- ✦ **Acciones para minimizar los riesgos para la salud humana:** Si su suministro habitual de agua potable se ha interrumpido, utilice agua embotellada, hervida, filtrada o desinfectada químicamente. El agua potable recolectada en el techo siempre debe tratarse para reducir o eliminar los microorganismos. En áreas de alto riesgo, si es posible, el agua potable debe ser analizada por un laboratorio acreditado para detectar contaminantes químicos, incluido el fluoruro. Esto es particularmente importante para los niños menores de 8 años. Deje correr el agua del grifo antes de usarla, porque el agua estancada en las tuberías durante períodos prolongados (como durante la noche) puede contener niveles más altos de metales disueltos.



Salud de animales domésticos, ganado y plantas

- ✦ **Emisiones ácidas:** Los gases ácidos, aerosoles, y lluvia ácida pueden afectar al ganado, las cosechas, flores y arbustos. Las plantas pueden mostrar daños en unas pocas horas después de estar expuestas, aunque algunas plantas son más susceptibles que otras. Los campos abiertos son los más vulnerables, aunque las cosechas cubiertas también pueden estar expuestas a los gases. Enjuagar las plantas con agua fresca, inmediatamente después de la exposición, puede ayudar a minimizar el daño químico.
- ✦ **Impacto en la salud de los animales:** Los animales de pastoreo pueden experimentar daños a la salud por exposición a exceso de fluoruro y azufre al respirar o al ingerir agua y alimentos contaminados. La ingesta excesiva de fluoruro con el tiempo puede resultar en fluorosis dental o esquelética. Ingerir cantidades altas de fluoruro a corto plazo puede provocar una intoxicación aguda por fluoruro, que puede ser letal. Ingerir azufre en exceso, debido a altas concentraciones en los alimentos, el agua o el medio ambiente puede provocar trastornos neurológicos o desequilibrios minerales. Respirar gas SO_2 también puede causar afectaciones respiratorias en los animales.
- ✦ **Acciones para minimizar los riesgos a la salud animal:** Para reducir la exposición por ingestión, se debe asegurar un suministro de agua y comida limpias. Los granjeros probablemente querrán proteger los alimentos expuestos cubriéndolos. Los granjeros y dueños de mascotas deben monitorear la salud de sus animales, especialmente por problemas oculares, dentales, gastrointestinales y/o respiratorios. Es posible que los granjeros y ganaderos quieran consultar a un veterinario acerca de proveer alimentos o minerales complementarios al ganado, o para obtener otra asistencia, según sea necesario. Si es posible, considere trasladar a los animales a un área no afectada.

Daños a la infraestructura

- ✦ Las emisiones volcánicas y la lluvia ácida pueden corroer el metal rápidamente, incluida la infraestructura de granjas, edificios y fábricas. En algunos casos, puede ser posible sustituirlos por materiales más resistentes.



8. FUENTES

Agency for Toxic Substances and Disease Registry (USA). Toxic substances web portal for hydrogen sulfide (CAS#: 7783-060-4), sulfur dioxide (CAS#: 7446-09-5), hydrogen fluoride (CAS#: 7664-39-3) and hydrogen chloride (CAS#: 7647-01-0), 2018.

California Environmental Protection Agency, Office of Environmental Health Hazard Assessment (USA). Evidence on the developmental and reproductive toxicity of sulfur dioxide factsheet, 2011.

College of Tropical Agriculture and Human Resources, University of Hawaii. Volcanic Emissions website, 2018.

Hansell, A., Oppenheimer, C. (2004). Health hazards from volcanic gases: A systematic literature review. *Archives of Environmental Health*, 59(12), 628-639.

Kullman, G. J., Jones, W. G., Cornwell, R. J. & Parker, J. E. (1994). Characterization of air contaminants formed by the interaction of lava and sea-water. *Environmental Health Perspectives*, 102(5), 478-482.

Occupational Safety and Health Administration (USA). Hydrogen sulfide hazards website, 2018.

National Fluoridation Information Service (New Zealand). Dental fluorosis – is it more than an aesthetic concern? NFIS Advisory, 2014.

National Research Council of the National Academies (USA). Acute exposure guideline levels for selected airborne chemicals. Volume 8. Chapter 9: Sulfur dioxide, 2010.

U.S. National Institute of Health, National Library of Medicine. Carbon dioxide haz-map, 2020.

World Health Organization. Air quality guidelines for particulate matter, ozone, nitrogen oxide and sulfur dioxide: global update 2005: summary of risk assessment. ISBN 92 890 2192 6, 2005.

World Health Organization. Review of evidence on health aspects of air pollution – REVIHAAP Project report, 2013.



Para más información, por favor visite

Amenazas y protección de la ceniza
volcánica:

ivhhn.org/pamphlets;
volcanoes.usgs.gov/volcanic_ash

Gases volcánicos:

<https://www.ivhhn.org/es/guidelines/guia-sobre-gases-volcanicos>

Observatorios locales de vigilancia de volcanes:

wovo.org/observatories

Ejemplo de niveles de SO₂ específicos para volcanes y
codificados por color, así como acciones recomendadas:

hiso2index.info/assets/FinalSO2Exposurelevels.pdf