
	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO COORDINACIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS, SEGURIDAD, AMBIENTE Y SALUD EN EL TRABAJO.	CÓDIGO	
	PROTOCOLO DE ACTUACIÓN EN CASO DE CAÍDA DE CENIZA	REV.	0


Contenido

1. INTRODUCCION	4
2. OBJETIVO	4
3. ALCANCE	4
4. REFERENCIAS	5
5. RESPONSABILIDADES	6
6. GLOSARIO DE TERMINOS	6
7. Marco Legal	7
8. ¿QUÉ SON LAS CENIZAS VOLCÁNICAS?	8
Otros efectos que se deben considerar	9
1. Efectos directos en la salud de la comunidad Universitaria	9
2. El impacto psicológico	10
3. Infraestructura	10
9.- Áreas de Intervención y Acciones	11
A. Atención Médica:	11
A 1. Efectos respiratorios	11
Composición mineralógica:	14
Síntomas oculares	14
Irritación cutánea	15
B. Vigilancia Epidemiológica	15
C. Saneamiento Ambiental:	16
C 1. Efectos indirectos de la caída de cenizas	17
C 2. CALIDAD DE AGUA	18
Turbidez	18
pH	19
Química	19
C 3. CALIDAD DE AIRE	19
Material particulado o aerosol	19
Gases	20
i) Dióxido de azufre (SO₂)	20
ii) Sulfuro de hidrógeno (H₂S)	21
iii) Dióxido de carbono (CO₂)	22
iv) Cloruro de hidrógeno o Ácido Clorhídrico (HCl)	23
D. Salud Mental	23

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO COORDINACIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS, SEGURIDAD, AMBIENTE Y SALUD EN EL TRABAJO.	CÓDIGO	
	PROTOCOLO DE ACTUACIÓN EN CASO DE CAÍDA DE CENIZA	REV.	0


D 1. Efectos Psicológicos.	24
RECOMENDACIONES PARA LA ELIMINACIÓN DE LA CENIZA VOLCANICA.	24
RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS.	25
Bibliografía.....	26

Tabla 1 Tipos de Peligros volcánicos y sus efectos en la salud.....	9
Tabla 2 Umbrales de concentración de dióxido de azufre en partes por millón (ppm) para efectos a la salud.	20
Tabla 3 Umbrales de concentración de sulfuro de hidrógeno en partes por millón (ppm) para efectos a la salud.....	21
Tabla 4 Efectos a la exposición respiratoria de dióxido de carbono. (Baxter, 2000; Faivre-Pierret y Le Guern, 1983 NIOSH, 1981).	22

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO COORDINACIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS, SEGURIDAD, AMBIENTE Y SALUD EN EL TRABAJO.	CÓDIGO	
	PROTOCOLO DE ACTUACIÓN EN CASO DE CAÍDA DE CENIZA	REV.	0

FIRMAS DE REVISIÓN Y APROBACIÓN

Acción	Nombre y Apellido	Cargo	Firma	Fecha
Elaborado Por:	Ing. Carlos Valle	Técnico de Servicios Ambientales		05-03-2021
Revisado por:	Dra. Anita Ríos	Vicerrectora Administrativa		08-03-2021
Aprobado por:	Dra. Anita Ríos	Vicerrectora Administrativa		08-03-2021

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO COORDINACIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS, SEGURIDAD, AMBIENTE Y SALUD EN EL TRABAJO.	CÓDIGO	
	PROTOCOLO DE ACTUACIÓN EN CASO DE CAÍDA DE CENIZA	REV.	0

1. INTRODUCCION.

En el Ecuador se han contabilizado 27 volcanes potencialmente activos en el Ecuador, incluidos los volcanes de las islas Galápagos. De ellos, siete volcanes continentales (Cayambe, Reventador, Guagua Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Sangay y Potrerillos- Chacana) y siete volcanes de Galápagos (Marchena, Cerro Azul, Fernandina, Santo Tomás/Volcán Chico, Alcedo, Darwin y Wolf) han tenido erupciones en tiempos históricos, es decir, desde el año 1532. A medida que los estudios de volcanología avancen en el Ecuador, es posible que vaya creciendo el número de volcanes calificados como “potencialmente activos”.

Entre estos volcanes se encuentra el volcán Sangay mismo que continúa con su actual proceso eruptivo iniciado el 7 de mayo de 2019 (un total de 412 días hasta la fecha del presente protocolo 22 de junio). En los últimos días se han registrado caídas de ceniza en zonas alejadas del volcán debido a fuertes vientos que dirigieron la ceniza hacia las provincias de Chimborazo, Cañar, Bolívar, Guayas, Santa Elena, Tungurahua y Cotopaxi. En las últimas 24 horas se registró un ligero incremento de la actividad eruptiva con una mayor altura de la emisión de gas y ceniza, alcanzando entre 1,5 y 2,8 km sobre el nivel del cráter, un aumento del alcance de la nube de ceniza hacia el occidente y suroccidente, llegando hasta más de 600 km del volcán, y un aumento de la cantidad de anomalías térmicas localizadas sobre el flanco suroriental del volcán, asociado a una mayor emisión de lava. Por lo tanto, la actividad superficial está caracterizada como ALTA con tendencia ASCENDENTE. También se detectó un pulso de actividad sísmica asociado a esa mayor actividad superficial.

En base a los parámetros de vigilancia se evidencia que el proceso eruptivo continúa. En consecuencia, se estima que el escenario más probable a corto plazo es que la actividad se mantenga con los mismos fenómenos observados hasta la fecha de publicación de este informe. Sin embargo, no se descarta la posibilidad de una variación repentina en la actividad del volcán, los escenarios eruptivos potenciales están detallados al final del anexo técnico-científico. El Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional se mantiene atento al proceso eruptivo actual del volcán Sangay e informará oportunamente de darse alguna variación en su comportamiento (Instituto Geofísico de la Escuela Politecnica Nacional. , 2020).


En este documento integra medidas preventivas en todas las fases del proceso laboral, con el fin de evitar o disminuir los riesgos derivados del trabajo, guardando concordancia con lo determinado en la normativa vigente y convenios internacionales ratificados medidas preventivas encaminadas a orientar a fin de precautelar la protección al personal expuesto a riesgo biológico de la Unach.

2. OBJETIVO

Establecer y estandarizar la aplicación de medidas de protección frente a la caída de ceniza en la institución y a su personal expuesto.


3. ALCANCE

- *El presente protocolo aplica para todos los puestos y actividades con exposición a riesgo de caída de ceniza en la Universidad Nacional de Chimborazo*

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO COORDINACIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS, SEGURIDAD, AMBIENTE Y SALUD EN EL TRABAJO.	CÓDIGO	
	PROTOCOLO DE ACTUACIÓN EN CASO DE CAÍDA DE CENIZA	REV.	0

4. **REFERENCIAS.**

- *Decisión 584 CAN – Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo*
- *Resolución 957 CAN – Reglamento del Instrumento Andino de Seguridad y Salud en el Trabajo*
- *Reglamento de Seguridad y Salud de los Trabajadores y Mejoramiento del Medio Ambiente de Trabajo - Decreto Ejecutivo 2393.*
- *Resolución CD 513 IESS – Reglamento del Seguro General de Riesgos del Trabajo.*
- *Reglamento Interno de Seguridad y Salud en el Trabajo de la Universidad Nacional de Chimborazo.*
- *Acuerdo Ministerial 0036. MANUAL DE GESTIÓN INTERNA DE LOS RESIDUOS Y DESECHOS GENERADOS EN LOS ESTABLECIMIENTOS DE SALUD. (Registro Oficial Edición especial No. 64 del 17 de septiembre del 2019) Manual Publicado. (Ministerio de Salud publica del Ecuador, 2019)*
- *Acuerdo Ministerial 323. REGLAMENTO GESTION DESECHOS GENERADOS EN ESTABLECIMIENTOS DE SALUD (Registro Oficial No. 450 del 20 de marzo del 2019)*
- *Acuerdo Ministerial N° 142. Expedir los Listados Nacionales de Sustancias Químicas Peligrosas, Desechos Peligrosos y Especiales.*
- *ACUERDO MINISTERIAL N° 099.*
- *NORMA INEN 2266-2013. Transporte, Almacenamiento y Manejo de Materiales Peligrosos*
- *NORMA INEN ISO 3864: 2013. Símbolos Gráficos. Colores de Seguridad y Señales de Seguridad.*
- *NORMA INEN 2288: 2000. Productos Químicos Industriales Peligrosos.*

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO COORDINACIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS, SEGURIDAD, AMBIENTE Y SALUD EN EL TRABAJO.	CÓDIGO	
	PROTOCOLO DE ACTUACIÓN EN CASO DE CAÍDA DE CENIZA	REV.	0

5. RESPONSABILIDADES.

Rector/a.- Es responsabilidad del Titular de la Universidad Nacional de Chimborazo el vigilar que el presente manual se lleve a cabo y que se cumpla con la normatividad vigente, asegurándose que, mediante la aplicación del presente documento, los peligros sean identificados, evaluados, medidos y controlados.


Decanos, Directores, Jefes Departamentales, Coordinadores.- Asegurar la implementación del presente Manual de Procedimientos en sus respectivas dependencias, con la finalidad que sea aplicado.

Empleados y Contratistas.- Conocer cumplir y hacer cumplir todos los requerimientos del presente manual, implementándolo en su área de trabajo y comunicando cualquier peligro ocupacional que pueda ser identificado, a través de los canales regulares.

Comité de Seguridad y Salud y Subcomités.- Supervisar el cumplimiento de los Procedimientos descritos en el presente Manual. El Comité y los Subcomités se reunirán en forma periódica con la finalidad de conocer y resolver los asuntos relacionados a revisión de resultados, recomendaciones, planes de acción relacionados con la Prevención de Riesgos Laborales.

6. GLOSARIO DE TERMINOS


- a) **BIOSEGURIDAD:** Se define como el conjunto de medidas preventivas, destinadas a mantener el control de factores de riesgo laborales procedentes de agentes biológicos, físicos o químicos, logrando la prevención de impactos nocivos, asegurando que el desarrollo o producto final de dichos procedimientos no atenten contra la salud y seguridad de trabajadores de la salud, pacientes, visitantes y el medio ambiente.
- b) **ELEMENTO DE PROTECCIÓN PERSONAL (EPP):** Es cualquier equipo o dispositivo destinado a ser llevado o sujetado por el trabajador para que le proteja de uno o varios riesgos y que pueda aumentar su seguridad y salud en el trabajo.
- c) **ACCIDENTE DE TRABAJO:** Es todo suceso repentino y prevenible que sobrevenga por causa o con ocasión del trabajo y que produzca en el trabajador una lesión orgánica, una perturbación funcional, una invalidez o muerte. También es aquel que se produce durante la ejecución de órdenes del empleador, o durante la ejecución de una labor bajo su autoridad, aún fuera del lugar de trabajo
- d) **FACTOR DE RIESGO:** Es todo elemento cuya presencia o modificación, aumenta la probabilidad de producir un daño a quien está expuesto a él.
- e) **FACTORES DE RIESGO BIOLÓGICO:** Todos aquellos seres vivos ya sean de origen animal o vegetal y todas aquellas sustancias derivadas de los mismos, presentes en el puesto de trabajo y que pueden ser susceptibles de provocar efectos negativos en la salud de los trabajadores. Efectos negativos se pueden concertar en procesos infecciosos, tóxicos o alérgicos.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO COORDINACIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS, SEGURIDAD, AMBIENTE Y SALUD EN EL TRABAJO.	CÓDIGO	
	PROTOCOLO DE ACTUACIÓN EN CASO DE CAÍDA DE CENIZA	REV.	0

- f) **EFFECTO POSIBLE:** La consecuencia más probable (lesiones a las personas, daño al equipo, al proceso o a la propiedad) que puede llegar a generar un riesgo existente en el lugar de trabajo.
- g) **ENFERMEDAD OCUPACIONAL:** Son afecciones crónicas, causadas de una manera directa por el ejercicio de la profesión u ocupación que realiza el trabajador y como resultado de la exposición a factores de riesgo, que producen o no incapacidad laboral.
- h) **NORMAS DE BIOSEGURIDAD:** Medidas de precaución que deben aplicar los trabajadores de las áreas asistenciales al manipular sangre, secreciones, fluidos corporales o tejidos provenientes de todo paciente, independiente de su diagnóstico.
- i) **PELIGRO:** Es algo que tiene potencialidad de causar daño a personas, equipos, instalaciones o al medio ambiente.
- j) **PRECAUCIONES UNIVERSALES:** Conjunto de técnicas y procedimientos destinados a proteger al personal que conforma el equipo de salud de la posible infección con ciertos agentes, principalmente Virus de la Inmunodeficiencia Humana, Virus de la Hepatitis B, Virus de la Hepatitis C, entre otros, durante las actividades de atención a pacientes o durante el trabajo con sus fluidos o tejidos corporales.
- k) **PREVENCIÓN:** Es el conjunto de medidas cuyo objeto es impedir o evitar que los riesgos a los que está expuesta la empresa den lugar a situaciones de emergencia.
- l) **CORTOPUNZANTES:** Son aquellos que por sus características punzantes o cortantes pueden dar origen a un accidente percutáneo infeccioso. Dentro de éstos se encuentran: limas, lancetas, cuchillas, agujas, residuos de ampollas, pipetas, láminas de bisturí o vidrio, y cualquier otro elemento que por sus características cortopunzantes puedan lesionar al trabajador o cualquier otra persona expuesta.
- m) **RIESGO:** probabilidad ocurrencia de un evento: Magnitud estimada de pérdidas posibles generadas por un determinado evento adverso y sus efectos, sobre las personas, las actividades institucionales, económicas, sociales, y el ambiente. Los factores de riesgo pueden ser de origen natural o antrópico

7. Marco Legal.

- Constitución de la República del Ecuador
- Ley de Seguridad Pública y del Estado
- Ley Orgánica de Salud
- Reglamento Sanitario Internacional
- Reglamento a la Ley de Seguridad Pública y del Estado
- Manual del Comité de Operaciones de Emergencias - COE
- Norma Técnica de Administración por Procesos y Prestación de Servicios de la Secretaría Nacional de la Administración Pública.
- Estatuto Orgánico de Gestión Organización por Procesos de la Secretaría de Gestión de Riesgos
- Acuerdo N° 00126-2020-Declaratoria de Estado de Emergencia Sanitaria

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO COORDINACIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS, SEGURIDAD, AMBIENTE Y SALUD EN EL TRABAJO.	CÓDIGO	
	PROTOCOLO DE ACTUACIÓN EN CASO DE CAÍDA DE CENIZA	REV.	0

8. ¿QUÉ SON LAS CENIZAS VOLCÁNICAS?

La ceniza se compone de finas partículas de roca volcánica fragmentada (de menos de 2 mm de diámetro), es áspera, abrasiva (puede desgastar las superficies al limpiarlas frotando o cepillando), algunas veces corrosiva e irritante (esta contiene sílice, y puede contener gases ácidos y metales tóxicos) es por eso por lo que debe evitarse su aspiración e ingesta.

El color puede ir desde un tono gris claro hasta el negro, y pueden variar en tamaño: desde ser como arenilla hasta ser tan finas como los polvos de talco.

Es insoluble en agua por ser tan fino el viento lo desplaza fácilmente y lo distribuye en una gran área.

Para entender los riesgos de las cenizas, primero es importante tener en claro en qué consiste la ceniza volcánica, y cuál es su origen. Para ello hay que remitirse a lo que sucede dentro de la chimenea volcánica antes de que ocurra una erupción.

Las partículas de cenizas y polvo se producen a partir de los magmas cargados de gases durante una erupción explosiva, y son fragmentos muy pequeños de magma enfriado rápidamente (vidrio volcánico).


Se forman a medida que el magma asciende por la chimenea, donde los gases se expanden rápidamente por la disminución de la presión, generando una espuma en el fundido que recuerda a la espuma que sale de una botella de agua con gas, gaseosa o champagne al abrir, salvo que en los volcanes la presión (y temperatura) es mayor. Conforme las burbujas de gases se exsuelven del fundido, se expanden y prácticamente se tocan entre sí. De esta manera, entre las burbujas quedan paredes o tabiques finos del fundido, que se enfría rápidamente dando lugar a vidrios. Con la presión se fragmentan estos tabiques, dando lugar a partículas finas de vidrio, muy puntiagudas, denominados cenizas volcánicas, las que son expulsadas a gran velocidad por el cráter. A veces son arrojadas hacia arriba porciones de magma que no se fragmentó y que contienen gran cantidad de burbujas atrapadas. Estas porciones son conocidas como fragmentos pumíceos o piedra pómez. Estas rocas, compuesta por vidrio volcánico con abundantes burbujas de gas, flotan en el agua debido a su baja densidad producto de la cantidad de burbujas de gas que ayudan a su flotación.

Estos productos volcánicos de pequeño tamaño pueden dispersarse grandes distancias desde su origen. En particular, el polvo puede alcanzar grandes alturas en la atmósfera, donde puede permanecer por períodos prolongados.

Cuando ocurre una erupción y se generan cenizas, las mismas se dispersan por ciertas zonas, que vana depender principalmente de la dirección de viento predominante. Cuando comienzan a caer, provocan el oscurecimiento del día. Dada a la intensidad de la caída, es decir la cantidad, las cenizas pueden ocluir la luz solar, provocando el oscurecimiento del ambiente, y generando una sensación de noche, en pleno día.

Los tamaños y composiciones de las cenizas volcánicas pueden variar notablemente de volcán en volcán, ya que va a depender de la composición de la lava y el grado de fragmentación que se pueda producir.

Es prácticamente imposible predecir la cantidad de cenizas que puede arrojar un volcán. Sí, es posible a partir de conocer cuáles son los vientos predominantes, conocer la/las posibles trayectorias de las cenizas.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO COORDINACIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS, SEGURIDAD, AMBIENTE Y SALUD EN EL TRABAJO.	CÓDIGO	
	PROTOCOLO DE ACTUACIÓN EN CASO DE CAÍDA DE CENIZA	REV.	0

Por todo esto, la única manera de mitigar la caída de cenizas es la prevención. En Ecuador, los volcanes se encuentran a lo largo de toda la cordillera de los Andes. Si se considera que los vientos predominantes provienen del sector occidental, las probabilidades de caída de cenizas en territorio son muy elevadas


Tabla 1 Tipos de Peligros volcánicos y sus efectos en la salud.

No.	TIPO DE PELIGRO	EFFECTOS DIRECTO E INDIRECTOS SOBRE LA SALUD
1	Flujos de Lava	- Inhalación de gases. - Intoxicación por ingesta de agua contaminada. - Incremento de enfermedades respiratorias. - Quemaduras y muertes.
2	Explosiones	- Politraumatismos. - Quemaduras. - Inhalación de gases.
3	Ceniza Volcánica	- Conjuntivitis. - dermatitis. - Problemas de vías respiratorias
4	Flujos Piroclásticos	- Quemaduras graves. - Problemas de vías respiratorias
5	Flujos de Lodo ó Lahares	- Politraumatismos severos - Heridas altamente contaminadas - Fracturas - Amputaciones - Quemaduras químicas - Secuelas físicas y mentales
6	Gases Volcánicos	- Intoxicación y muerte
7	Lluvia Ácida	- No representa un daño directo a la salud de las personas; quema y mata la vegetación, corroe las tuberías y los techos y contamina las fuentes de agua.
8	Sismos	- Lesiones y muertes a la población

Otros efectos que se deben considerar.

1. Efectos directos en la salud de la comunidad Universitaria.

- Efectos respiratorios
- La ceniza no es altamente toxica, pero puede significar un problema para personas trabajadoras con problemas respiratorios (asma, rinitis alérgica).
- Las personas trabajadoras sanas si tienen una exposición prolongada pueden experimentar molestias en el pecho, irritación y dolor de garganta, algunas veces acompañados de tos seca. Respiración dificultosa, e irritación y secreción nasal.
- Síntomas oculares.
- Irritación.
- Sensación de cuerpo extraño en los ojos.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO COORDINACIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS, SEGURIDAD, AMBIENTE Y SALUD EN EL TRABAJO.	CÓDIGO	
	PROTOCOLO DE ACTUACIÓN EN CASO DE CAÍDA DE CENIZA	REV.	0

- Abrusiones en la córnea o rasguños.
- Secreción pegajosa o lagrimeo; puede presentarse conjuntivitis.
- Irritación cutánea
- Aunque no es muy común, las cenizas volcánicas pueden producir irritación en la piel a algunas personas, especialmente si la ceniza es ácida.
- Infecciones secundarias derivadas de rascarse.

2. El impacto psicológico.


Puede presentarse en signos sicofisiológicos (fatiga, náuseas, cefaleas, trastornos gastrointestinales), en signos del comportamiento (cambios en el sueño y en el apetito), o en signos emocionales (ansiedad, depresión, etc.) El estrés postraumático altera la cotidianidad del individuo, la familia y la comunidad.

El personal de salud está también expuesto a estas alteraciones, por lo que es muy importante el entrenamiento, el trabajo en equipo y el conocimiento de los signo y síntomas que puedan ayudar a mantener el equilibrio y a detectar a tiempo la afectación para recibir el apoyo profesional requerido.

3. Infraestructura.

Los efectos sobre la infraestructura afectan la prestación de servicios de salud:

- *Los servicios de traslado de pacientes y transporte a sitios de evacuación o de trabajo, pueden también afectarse por falta de visibilidad, por obstrucción de las vías (ya sea por escombros, deslaves, sismos que dañen la infraestructura vial, caída de piroclastos), o por el caos por congestión vial que ocasiona una evacuación incontrolada.*
- *El traslado del personal sanitario a sus sitios de trabajo puede dificultarse; se deben considerar los relevos de personal y el ajuste de los turnos u horarios de trabajo de acuerdo con la situación particular de cada evento.*
- *Suministros médicos quirúrgicos: el acceso a estos podría dificultarse, por lo que hay que considerar el modelo de atención y replantear la red de acuerdo con el escenario. Los suministros deben preverse de acuerdo con los mapas de amenaza volcánica.*
- *La ceniza se puede depositar en gran cantidad en techos.*
- *Se obstruyen canoas, drenajes y alcantarillas, el lodo de la ceniza se puede endurecer como el concreto.*
- *Los sistemas de ventilación pueden agravar la suspensión de partículas de ceniza o inyectar aire contaminado con estas.*
- *Maquinaria, equipo, aire acondicionado.*
- *Puede desgastar y atascar la maquinaria y el equipo.*
- *Bloquea los mecanismos de seguridad (mecánicos o eléctricos).*
- *Puede ocasionar paros eléctricos.*

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO COORDINACIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS, SEGURIDAD, AMBIENTE Y SALUD EN EL TRABAJO.	CÓDIGO	
	PROTOCOLO DE ACTUACIÓN EN CASO DE CAÍDA DE CENIZA	REV.	0

- *En los vehículos puede causar desperfectos en los motores.*
- *En el tratamiento y suministro de agua.*
- *Puede contaminar las fuentes de agua y dañar los equipos de tratamiento.*
- *Sobre carreteras Reducción de visibilidad por las partículas en suspensión Las que se depositan en carretera dificultan que se puedan leer las indicaciones horizontales de tránsito Hace que la carretera se torne resbaladiza.*

9.- Áreas de Intervención y Acciones.

A. Atención Médica:

Esta acción garantiza la atención médica integral , diagnóstico temprano, tratamiento oportuno y rehabilitación a toda la población.

Si bien, la ceniza volcánica representa un riesgo muy bajo en comparación con otros tipos de materiales volcánicos, puede tener efectos mayores en personas con afecciones respiratorias o tras una exposición prolongada. La ceniza volcánica contiene diferentes proporciones de vidrio, el cual en comparación con otras sustancias tiene una dureza entre 5 y 7 (de la escala de Mohs), propiedad por la cual se utiliza ceniza volcánica como abrasivo en la industria. Las cenizas volcánicas contienen del 60 al 75% de sílice (SiO₂) como vidrio y fases cristalinas (cristobalita), álcalis (óxidos de potasio y calcio), azufre, manganeso, cobre, zinc y plomo, entre otros.


A 1. Efectos respiratorios.

Potenciales síntomas respiratorios producidos por inhalación de cenizas volcánicas dependerán de una serie de factores como: la concentración de partículas en aire, la proporción de partículas finas, la frecuencia y duración de la exposición, la presencia de cristales de sílice y de gases volcánicos o aerosoles mezclados con las cenizas, y las condiciones meteorológicas.

Los síntomas comunes durante y después de la exposición a cenizas volcánicas incluyen:

- *Irritación nasal y descarga (flujo nasal) .*
- *Irritación de garganta y ardor, algunas veces acompañado con tos seca.*
- *Las personas con malestares en el pecho preexistentes pueden desarrollar síntomas de bronquitis severa que persevera durante varios días después de la exposición a las cenizas (por ejemplo, tos seca, producción de flemas, jadeos).*
- *La respiración se torna dificultosa.*

Explicaciones importantes acerca de la toxicidad de la ceniza han sido obtenidas a partir de la caracterización mineralógica de las muestras, dando información acerca del tamaño y de la composición de las partículas. Si las partículas son muy gruesas, no logran llegar a sectores profundos del pulmón, y es por eso por lo que no inician reacciones tóxicas. En algunas erupciones, las partículas de cenizas son tan finas que al respirar se

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO COORDINACIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS, SEGURIDAD, AMBIENTE Y SALUD EN EL TRABAJO.	CÓDIGO	
	PROTOCOLO DE ACTUACIÓN EN CASO DE CAÍDA DE CENIZA	REV.	0

introducen profundamente en los pulmones. Cuando la exposición es alta, aún los individuos sanos experimentarán malestar en el pecho con aumento de tos e irritación.

Las cenizas finas irritan los conductos respiratorios y provocan que éstos se contraigan, haciendo más dificultosa la respiración, fundamentalmente en las personas que ya poseen problemas pulmonares.

El polvo fino también hace que los recubrimientos que tienen los conductos produzcan más secreciones, lo que a su vez hace que las personas tosan y respiren más pesadamente. Los que padecen asma, especialmente los niños, que pudieran estar muy expuestos a las cenizas, pueden sufrir de accesos de tos, opresión en el pecho y jadeos. Algunas personas que nunca habían tenido asma pueden experimentar síntomas asmáticos después de una lluvia de cenizas, especialmente si salen al aire libre y hacen esfuerzos.

Los avances recientes en las investigaciones volcanológicas, y en el impacto de las emisiones sobre la salud, han determinado que los problemas respiratorios ocurren a partir de dos características principales de las cenizas volcánicas: el tamaño y la composición de las partículas.

Tamaño: 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, pero las más pequeñas llegan a las vías respiratorias bajas. En general, existen tres fracciones de polvo definidas en la norma europea EN481: las fracciones inhalables, torácicas y respirables.

La fracción inhalable genera fenómenos inflamatorios de las vías respiratorias altas (rinitis y laringitis). Se manifiesta con síntomas como irritación en la garganta, 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. Si las partículas son muy gruesas, ellas simplemente no pueden llegar a lo profundo del pulmón, y por eso no inician reacciones tóxicas.

La fracción torácica, un poco más fina, puede generar laringotraqueitis.

Para el polvo respirable que penetra profundamente en los pulmones, el cuerpo cuenta con mecanismos de defensa natural eliminando la mayor parte. Sin embargo, en casos de exposición prolongada a niveles excesivos de este polvo, se hace difícil su eliminación de los pulmones y su acumulación a largo plazo, puede ocasionar efectos irreversibles sobre la salud. La composición mineralógica de la ceniza tiene también un rol muy importante en la salud.


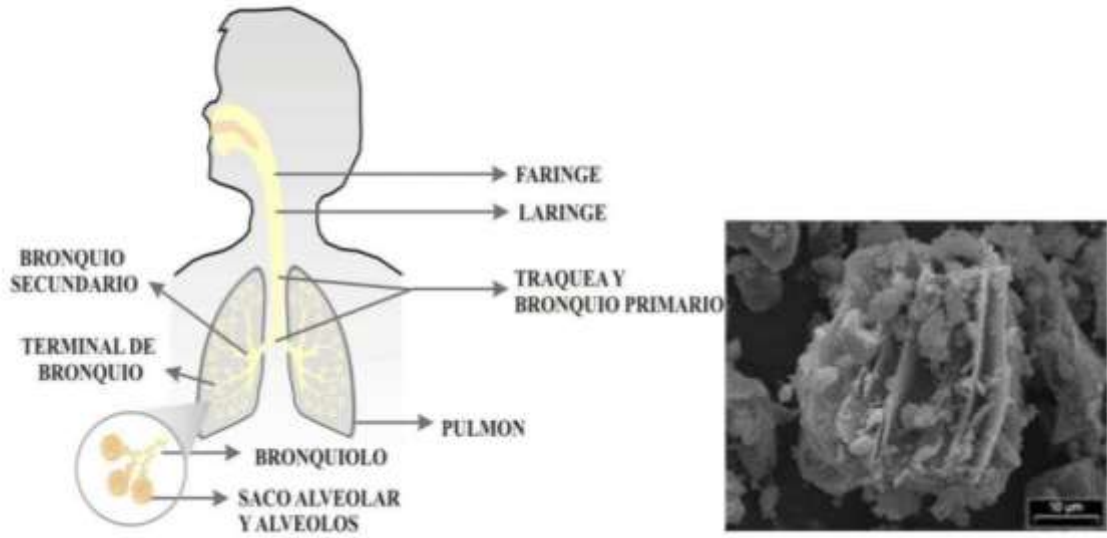

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO COORDINACIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS, SEGURIDAD, AMBIENTE Y SALUD EN EL TRABAJO.	CÓDIGO	
	PROTOCOLO DE ACTUACIÓN EN CASO DE CAÍDA DE CENIZA	REV.	0

Figura 1 Diagrama de las diferentes partes del pulmón. La región alveolar pulmonar está formada por aproximadamente 300 millones de alvéolos.



	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO COORDINACIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS, SEGURIDAD, AMBIENTE Y SALUD EN EL TRABAJO.	CÓDIGO	
	PROTOCOLO DE ACTUACIÓN EN CASO DE CAÍDA DE CENIZA	REV.	0

Composición mineralógica:

La ceniza contiene fases cristalinas y entre ellas, el mineral cristobalita (SiO_2) que generalmente se encuentra en la fracción respirable (partículas de diámetro menor que $10 \mu\text{m}$), resulta un importante peligro para la salud. Se considera que la cristobalita tiene mayor potencial para causar una enfermedad respiratoria que su polimorfo más conocido, el cuarzo (SiO_2), el cual también está presente en las cenizas volcánicas.

El potencial para causar una enfermedad, o grado patológico de la cristobalita fue probado con estudios e investigaciones de la industria minera. La falta de investigación en el tema, vinculado a caídas de cenizas, no permite todavía generalizar que la ceniza volcánica pueda causar problemas a la salud a largo plazo, en poblaciones expuestas un largo período de tiempo.

Según la Agencia Internacional de Investigación para el Cáncer en 1997 (International Agency for Research on Cancer), la cristobalita es considerada como un carcinógeno humano el que es capaz de causar la silicosis, una dolencia fibrósica pulmonar potencialmente mortal.


La silicosis es un riesgo para la salud comúnmente conocido, que ha sido asociado históricamente con la inhalación de polvo que contiene sílice (Fubini 1998), que genera tos y falta de aire, y puede desarrollarse en pocas semanas de exposiciones muy altas, o puede ocurrir después de muchos años de exposiciones menores. La silicosis es uno de los tipos más comunes de neumoconiosis. Es una fibrosis nodular progresiva provocada por la sedimentación de partículas respirables de sílice cristalina en los pulmones. La fibrosis resultante en la parte más interna de los pulmones puede provocar dificultades de respiración. Las partículas más grandes (no respirables) tienen más probabilidad de posarse en las vías principales del sistema respiratorio y pueden ser eliminadas mediante la acción de las mucosas (HSE 1998).

Se sabe que los macrófagos pulmonares participan en la eliminación de partículas inhaladas, demostrándose que los asbestos inhalados activan factores quimiotácticos dependientes del complemento en la superficie alveolar, que facilitan el reclutamiento de macrófagos a sitios de depósitos fibrosos. No obstante, se ha determinado que la exposición a ceniza volcánica no siempre induce la acumulación de macrófagos. Esto sugiere que, debido a las características fisicoquímicas de las cenizas, en ciertas ocasiones se puede activar el complemento y, consecuentemente, atraer macrófagos.

Cuando la presencia de la causa irritativa o de sus consecuencias inmediatas se prolongan, el proceso de defensa tisular puede dar lugar a la fibrosis, iniciándose en cualquier punto de la estructura bronco pleuropulmonar. La fibrosis puede ser localizada y considerada como cicatricial o terminal, pero si persiste, la fibrosis será evolutiva y aumentará en intensidad y en extensión llegando a ser total. En ocasiones la fibrosis puede iniciarse de forma simultánea en varios puntos y, si es progresiva, llegar a confluir. Por su parte, los mecanismos inmunológicos pueden ser los responsables de las alteraciones en la arquitectura del pulmón como consecuencia de la exposición a partículas contaminantes. Los estudios de campo y laboratorio indican que la exposición moderada a la ceniza volcánica puede dar paso a enfermedades respiratorias e incluso a la fibrosis pulmonar (Beck et al., 1981; Vallyathan et al., 1983; Bernstein et al., 1986; Martín et al., 1986; Malilay et al., 1996; Housley et al., 2002).

El Instituto estadounidense para la Seguridad Ocupacional y la Salud (NIOSH) recomendó en 1974 que el límite a la exposición de sílice cristalina respirable es de 50 microgramos/ m^3 de aire, para trabajadores que están expuestos 40 horas de trabajo semanal sobre 2-3 décadas de trabajo. Datos históricos en áreas volcánicas sugieren que esta exposición ha sido excedida durante breves períodos de tiempo (horas, hasta días) en cercanías al volcán, pero nunca duradero por décadas.

Síntomas oculares.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO COORDINACIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS, SEGURIDAD, AMBIENTE Y SALUD EN EL TRABAJO.	CÓDIGO	
	PROTOCOLO DE ACTUACIÓN EN CASO DE CAÍDA DE CENIZA	REV.	0

Irritaciones en los ojos son efectos muy comunes, ya que trozos de ceniza pueden producir dolorosas raspaduras en el frente del ojo (abrasión de córnea) y conjuntivitis. Las personas que usan lentes de contacto deben estar especialmente informadas de este problema y quitarse sus lentes para prevenir que se produzca úlcera de córnea.

Los síntomas más comunes incluyen:

- Se siente como si hubiese objetos extraños dentro del ojo.
- Los ojos comienzan a doler, picar o sangrar.
- Hay secreción pegajosa o lagrimeo.
- Úlcera de córnea o lesiones cortantes.

Conjuntivitis aguda o inflamación del saco conjuntival, que rodea el globo ocular debido a la presencia de cenizas, lo que provoca enrojecimiento, ardor de ojos y fotosensibilidad.

Irritación cutánea.


Es común que las cenizas volcánicas produzcan irritación en la piel a algunas personas. Los síntomas incluyen:

- Irritación y enrojecimiento de la piel.
- Dermatitis con proceso inflamatorios. Pueden ser eritemas o exantemas.
- Descamación.
- Infecciones secundarias por rascado.

B. Vigilancia Epidemiológica

Un evento volcánico pone en una situación de riesgo a la población involucrada por una serie de factores que incrementan significativamente la morbilidad. Una de las actividades importantes del sector salud ante la amenaza volcánica es la identificación del tipo de enfermedades que pueden presentarse en esta situación. Ente los factores que pueden incrementar el riesgo de enfermedad en el contexto de una emergencia por erupción volcánica son:

- El aumento repentino de la densidad poblacional.
- La contaminación y daño en los sistemas de abastecimiento de agua
- El abastecimiento de alimentos y agua en los refugios cuyas fuentes no son seguros.
- Cambios ambientales puede favorecer el desarrollo de vectores.
- Por lo que es de vital importancia controlar los factores de riesgo y minimizar las diferentes enfermedades:
 - IRAS
 - Conjuntivitis
 - Dermatitis

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO COORDINACIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS, SEGURIDAD, AMBIENTE Y SALUD EN EL TRABAJO.	CÓDIGO	
	PROTOCOLO DE ACTUACIÓN EN CASO DE CAÍDA DE CENIZA	REV.	0

- Politraumatismos
- Trastornos psicológicos
- Quemaduras.

C. Saneamiento Ambiental:

Medidas de gestión en salud ambiental para las poblaciones.

Los programas de salud ambiental deben estar enfocados al abastecimiento del agua potable, disposición de excretas y aguas residuales, disposición de residuos sólidos y cadáveres, control de vectores, sanidad animal y zoonosis, manipulación y consumo de alimentos.

Abastecimiento de agua:

Recuerde que el abastecimiento del agua es la actividad más importante en el restablecimiento de las medidas de salud ambiental.


Durante una emergencia volcánica es muy probable que los sistemas de abastecimiento de agua colapsen, bien sea por el impacto de los residuos volcánicos en las estructuras de los sistemas o por la contaminación de los cuerpos de agua de los cuales se abastecen. Esta situación impide utilizar el agua para el consumo humano y uso doméstico.

La contaminación microbiológica del agua:

Se refiere a la presencia, tipo y cantidad de microorganismos contenidos en el cuerpo de agua. Se produce por el contacto del agua con excretas humanas y animales, con residuos animales o vegetales, o por la mezcla con aguas servidas o residuales.

La contaminación química del agua:

Es el resultado de la reacción de los elementos, compuestos y sustancias de tipo químico con el agua. Puede producirse por la precipitación de cenizas de carácter ácido. Otras fuentes de contaminación son la disposición de basuras y residuos en cuerpos de agua y los vertidos de sustancias químicas-combustibles, agroquímicos, etc.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO COORDINACIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS, SEGURIDAD, AMBIENTE Y SALUD EN EL TRABAJO.	CÓDIGO	
	PROTOCOLO DE ACTUACIÓN EN CASO DE CAÍDA DE CENIZA	REV.	0

Manipulación y consumo de alimentos:

La erupción volcánica puede perjudicar el estado nutricional de la población debido a su impacto sobre uno o varios de los componentes de la cadena alimentaria. Los cultivos pueden quedar quemados, defoliados o enterrados bajo las cenizas. En ocasiones las reservas de alimentos pueden quedar inaccesibles debido a la interrupción de sistemas de distribución.

Residuos volcánicos:

La ceniza debe ser removida de manera periódica y su manejo requiere procedimientos adecuados ya que puede ocasionar molestias, daños y accidentes. Por ello, hay que tener presente las características de la cenizas volcánica: puede ser fácilmente transportada por acción del viento, afectando así a comunidades

vecinas o fuentes de agua, causar inconvenientes en techos, cañerías, etc. Si entra en contacto con agua y con cemento forma una pasta que puede afectar cañerías, desagües, ocasionando daños severos.

Luego de una erupción volcánica se debe contar con un sitio adecuado para la disposición de basuras, escombros de edificaciones, árboles y animales muertos, y los residuos volcánicos como cenizas y lodo.

C 1. Efectos indirectos de la caída de cenizas.

Deben considerarse los impactos indirectos ocasionados sobre la salud por las lluvias de cenizas, como por ejemplo:


- Efectos en el abastecimiento de agua. Puede ocurrir contaminación de las provisiones de agua o el bloqueo del equipo de suministro. Los depósitos de agua al aire libre en instalaciones pequeñas como tanques de agua domésticos en los techos son especialmente vulnerables a la caída de cenizas, y aún pequeñas cantidades de ceniza pueden causar problemas de potabilidad. Cuando el riesgo por toxicidad es bajo, el pH puede ser reducido o inhibirse la cloración.

- Efectos sanitarios (desechos de aguas servidas, etc.) La inhabilitación temporaria de los sistemas sanitarios municipales puede incrementar el riesgo de enfermedades en las áreas afectadas.

- Riesgo de hundimiento de techos. 1) Los techos pueden hundirse debido al peso de las cenizas, hiriendo o matando a quienes se encuentre debajo. 2) Hay peligro de que los techos se hundan durante las tareas de limpieza de las cenizas acumuladas sobre ellos, debido a la suma del peso de la persona que realiza esa tarea. 3) En algunas erupciones ha habido personas que caen de los techos durante la limpieza de las cenizas acumuladas sobre ellos.

- Efectos sobre las calles. La reducción de la visibilidad ocasionada solamente por las partículas suspendidas de cenizas puede causar accidentes, aunque este peligro se combina con la capa de cenizas caídas sobre las calles. No sólo se cubren los señalamientos, también las capas delgadas de cenizas secas o húmedas son muy resbalosas, reduciendo la tracción. Los depósitos espesos de cenizas pueden impedir la circulación sobre las calles, interrumpiendo la llegada de productos básicos a las comunidades.

- Efectos sobre la energía eléctrica. La caída de cenizas puede interrumpir la electricidad y esto puede traer implicancias sobre la salud debido a la falta de calefacción u otra infraestructura que dependa de la electricidad. Las cenizas húmedas son conductoras, por lo cual es esencial que se realicen procedimientos con estricta precaución, durante las tareas de limpieza de equipos de suministro de energía eléctrica.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO COORDINACIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS, SEGURIDAD, AMBIENTE Y SALUD EN EL TRABAJO.	CÓDIGO	
	PROTOCOLO DE ACTUACIÓN EN CASO DE CAÍDA DE CENIZA	REV.	0

C 2. CALIDAD DE AGUA.

La ceniza volcánica es el producto más ampliamente distribuido en las erupciones volcánicas explosivas. Los estudios de los efectos de la lluvia de cenizas sobre las aguas naturales y el abastecimiento de agua se han centrado principalmente en las consecuencias del aumento de los niveles de turbidez (ceniza suspendida en el agua), la acidez y el contenido de fluoruro junto a otros contaminantes asociados con ceniza volcánica. Las concentraciones elevadas de flúor, hierro, sulfato y cloruro, así como la turbidez y acidez, se han reportado en los suministros de agua en varias regiones donde han caído cenizas. Desde una perspectiva de salud, las dos cuestiones principales parecen ser: (1) los brotes de la enfermedad infecciosa causada por la inhibición de la desinfección por los altos niveles de ceniza en suspensión, y (2) concentraciones elevadas de fluoruro. Los impactos que se pueden sufrir con la caída de cenizas son:

1. Cambios físicos y químicos, a corto plazo, en la calidad del agua
2. Alta demanda de agua durante las operaciones de limpieza
3. Mayor desgaste en los sistemas de tratamiento y distribución de agua.


El problema más común de contaminación de cenizas es el resultado del cambio en la turbidez y la acidez. Estos suelen durar unas horas hasta varios días, a menos que la caída de ceniza se produzca durante períodos prolongados de tiempo. Cambios peligrosos en la química del agua son poco comunes en la literatura. Cerca de un volcán, sin embargo, los componentes solubles en agua que se adhieren a las partículas de vidrio y cristales de las cenizas pueden producir cambios químicos en los suministros de agua que hacen que sea no apta para beber temporalmente.

Turbidez.

Las lluvias de cenizas sobre áreas abastecidas por sistemas de aguas abiertas ("a cielo abierto") puede aumentar significativamente la turbidez durante períodos cortos de tiempo (de días a una semana).

La turbidez del agua no tiene efectos sobre la salud en sí, sino que las partículas en suspensión pueden proteger a los microorganismos de los efectos de desinfección y puede estimular el crecimiento bacteriano. El tratamiento eficaz del agua, entre ellas la desinfección, depende del control de la turbidez.

También, las cenizas volcánicas en suspensión en el agua pueden obstruir filtros y daños en estructuras de toma y plantas de tratamiento, aumentando el desgaste de las bombas utilizadas en los sistemas de suministro de agua. Cuando la caída de ceniza provoca el aumento de turbidez del agua, no se debe hervir la misma, ya que podrá concentrar los productos químicos inorgánicos y orgánicos encontrados en las cenizas. Se suele decir a los consumidores que hiervan el agua antes de beberla como solución para la desinfección o proceso de floculación y no es así.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO COORDINACIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS, SEGURIDAD, AMBIENTE Y SALUD EN EL TRABAJO.	CÓDIGO	
	PROTOCOLO DE ACTUACIÓN EN CASO DE CAÍDA DE CENIZA	REV.	0

pH.

La ceniza volcánica fresca normalmente disminuye el pH del agua, la convierte en más ácida. Los recubrimientos de la superficie de la ceniza volcánica fresca son muy ácidos, debido a la influencia de la pluma de aerosoles integrados por los ácidos minerales fuertes H₂ SO₄, HCl y HF. Por lo tanto, cuando recién la ceniza entra en contacto con el agua, tiene el potencial para reducir el pH más allá de los límites aceptables para el abastecimiento de agua potable o para la protección de vida acuática.

La Organización Mundial de la Salud (OMS, 2004) considera que la potabilidad del agua puede resultar deteriorada de forma significativa por debajo de pH 6.5. Si baja el pH del agua esta tiene el potencial para disolver los metales de cañerías.

Química.

Las sustancias potencialmente perjudiciales en algunas cenizas volcánicas son los materiales solubles en agua llamados lixiviados, sobre todo los ácidos y sales, que se adhieren a las partículas de vidrio y cristales. Las observaciones de las erupciones históricas muestran que las concentraciones peligrosas de lixiviados disminuyen al aumentar la distancia al volcán en erupción, con pocos ejemplos de contaminación química grave en el abastecimiento de agua potable.

El exceso de flúor / fluoruro es reconocido como el más peligroso entre los lixiviados en el suministro de agua, pero pocas erupciones históricas han generado intoxicación por flúor en los seres humanos.


C 3. CALIDAD DE AIRE.

La calidad del aire está afectada por la presencia de aerosoles (suspensión de partículas sólidas o líquidas en el aire) y gases, estos últimos asociados a la actividad volcánica debido a emisiones desde el cráter o emisiones difusas del suelo. Si bien, la información respecto a aerosoles es válida para todas las áreas afectadas por este fenómeno, las emisiones gaseosas pueden afectar a poblaciones que se localizan muy cerca de los volcanes. Las emisiones más preocupantes son SO₂, HF, sulfato (SO₄²⁻), CO₂, HCl y H₂ S, aunque existen otras especies volátiles que pueden afectar la salud humana, incluyendo mercurio y otros metales.

Material particulado o aerosol.

Un aerosol es una suspensión de partículas sólidas o líquidas en el aire. Para propósitos de salud, el aerosol o material particulado se define típicamente por su tamaño, donde las partículas más pequeñas tienen mayor impacto sobre la salud. Los valores más comúnmente citados son partículas con un diámetro < 10 µm y partículas con un diámetro < 2.5 µm. Algunos aerosoles de sulfato son ácidos, y se piensa que pueden ser de mayor riesgo para la salud que los no ácidos. Los metales contenidos en una fumarola volcánica, tales como el mercurio, iridium, arsénico y otros pueden catalizar reacciones, y particularmente en combinación con gases ácidos y aerosoles, incrementan los efectos sobre la salud. Adicionalmente, los aerosoles volcánicos son típicamente < 2.5 µm, un tamaño de fracción capaz de penetrar en la parte más profunda del pulmón. La ceniza fina es un aerosol y también puede ser ácida si ha absorbido gases ácidos en la fumarola.

La mayoría de los estudios sobre efectos a la exposición están basados en la contaminación urbana y no son representativos de la contaminación volcánica. Los aerosoles volcánicos son ácidos, una alta concentración

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO COORDINACIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS, SEGURIDAD, AMBIENTE Y SALUD EN EL TRABAJO.	CÓDIGO	
	PROTOCOLO DE ACTUACIÓN EN CASO DE CAÍDA DE CENIZA	REV.	0

de estos puede ser severo para el sistema respiratorio. Los efectos y lineamientos provistos aquí deben ser tomados, por lo tanto, sólo como indicativos.

Puesto que la profundidad a la que puede penetrar un material particulado en el sistema respiratorio depende de su tamaño, las partículas finas tienen una alta probabilidad de depositarse en el alveolo de los pulmones y se asocian con un mayor riesgo a la salud que las partículas grandes. Partículas de este tamaño también tienen un tiempo de permanencia en la troposfera de días a semanas, y pueden desplazarse a distancias de miles de kilómetros, siendo así ampliamente dispersadas.

Los efectos de una partícula aún más pequeña que “ultrafina” ($<0.1 \mu\text{m}$ de diámetro), no han sido entendidos, pero son de preocupación actual.

Estudios recientes sugieren que aún a bajos niveles ($<100 \mu\text{g}/\text{m}^3$) en exposición corta (partículas de cualquier tamaño) se asocia con efectos a la salud, y esa fuerte acidez del aerosol o contenido alto en sulfato, puede contribuir a efectos asociados con partículas $< 2.5 \mu\text{m}$. Una vez que la exposición al aire contaminado ha terminado, no hay un efecto a largo plazo, a menos que la dosis inicial haya sido muy alta (esto es más común en un accidente industrial que en un contexto volcánico). Los impactos de aerosoles a corto plazo son en el sistema respiratorio. Los asmáticos y gente con problemas respiratorios preexistentes pueden experimentar reacciones a menores concentraciones que otros.

En 1971, la Agencia Norteamericana para la Protección Ambiental (EPA) estableció el nivel de material particulado que puede significar peligro para la salud de las personas a $1000 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (promedio 24 horas). Para Argentina el nivel es de $150 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (promedio 1 mes) según ley 20284 del 16/4/73 (para más información ver <http://www.cepis.ops-oms.org>).

Gases.


Las emisiones más preocupantes son SO_2 , HF, sulfato (SO_4^{2-}), CO_2 , HCl y H_2S , aunque existen otras especies volátiles que pueden afectar la salud humana

i) Dióxido de azufre (SO_2).

El dióxido de azufre es uno de los gases más comúnmente liberados durante erupciones volcánicas (después de vapor de agua y dióxido de carbono), y es preocupante a escala global, debido a su potencial influencia en el clima. A escala global SO_2 es peligroso para los humanos en su forma gaseosa y también porque se oxida formando ácido sulfúrico, como aerosol.

El dióxido de azufre es un gas incoloro con un olor irritante característico. Este olor es perceptible a diferentes niveles, dependiendo de la sensibilidad individual, pero generalmente se percibe entre 0.3-1.4 ppm y es fácilmente notable a 3 ppm (Baxter, 2000; Wellburn, 1994). Su densidad es más del doble que la del aire, y es altamente soluble en agua. En contacto con membranas húmedas, el SO_2 forma ácido sulfúrico (H_2SO_4), que es responsable de fuertes irritaciones en los ojos, garganta, vías respiratorias (mucosas) y piel. La sobreexposición en el corto tiempo causa inflamación e irritación, provocando ardor en los ojos, tos, dificultades respiratorias y sensación de tensión en el pecho. Las personas asmáticas son especialmente sensibles a este gas y pueden reaccionar ante concentraciones tan bajas como 0.2 a 0.5 ppm. Una exposición prolongada, o repetida a concentraciones bajas, (1-5 ppm) puede ser peligrosa para personas con enfermedades cardíacas o pulmonares previas. Los efectos producidos por distintas concentraciones sobre la salud, han sido documentados por diferentes investigadores y organizaciones.

Tabla 2 Umbral de concentración de dióxido de azufre en partes por millón (ppm) para efectos a la salud.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO COORDINACIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS, SEGURIDAD, AMBIENTE Y SALUD EN EL TRABAJO.	CÓDIGO	
	PROTOCOLO DE ACTUACIÓN EN CASO DE CAÍDA DE CENIZA	REV.	0

Límite de exposición (ppm)	Efectos sobre la salud
1 - 5	Umbral de respuesta respiratoria al ejercicio o respiración profunda en individuos sanos
3 - 5	El gas es fácilmente detectable . Caída de la función respiratoria en reposo y resistencia a la corriente de aire
5	Aumento de la resistencia en individuos sanos
6	Inmediata irritación en ojos nariz y garganta
10	Empeora la irritación en ojos, nariz y garganta
10 - 15	Umbral de toxicidad por exposición prolongada
20+	Parálisis o muerte después de exposición prolongada
150	Máxima concentración que puede ser resistida durante algunos minutos por individuos sanos

En 1971, el USA EPA fijó los niveles de SO₂ que pueden causar daños significativos a la salud de las personas, estableciéndolos en 2620µg m⁻³ (1ppm) (promedio de 24 horas). Cuando las partículas de material u otras huellas de componentes están también presentes, este nivel baja.


Las concentraciones de SO₂ peligrosas para la salud humana han sido registradas en muchos volcanes, especialmente cuando el viento trae directamente los gases. Las más altas concentraciones se ven con mayor frecuencia en las inmediaciones de volcanes con desgasificación persistente.

ii) Sulfuro de hidrógeno (H₂ S).

El sulfuro de hidrógeno o ácido sulfhídrico es un gas incoloro con un olor distintivo. La percepción del olor del H₂ S varía dentro de la población humana, en un rango de 0.008 – 0.2 ppm, es moderadamente soluble en agua y tiene una densidad 1.2 veces más que el aire. Es un gas tóxico y el peligro para la salud depende tanto de la concentración como del tiempo de exposición. Este gas es irritante para los pulmones y en bajas concentraciones irrita los ojos y el tracto respiratorio. La exposición puede producir dolor de cabeza, fatiga, mareos, andar tambaleante y diarrea, seguido algunas veces por bronquitis y bronconeumonía. Hay evidencias de síntomas adversos a la salud elevados en comunidades

expuestas durante largo tiempo a niveles bajos de H₂ S en el medio ambiente (Bates et al., 2002; Legator, 2001), tales como en áreas geotérmicas. El olfato pierde el rastro de este gas cuando las concentraciones son inferiores al nivel de peligrosidad, de manera que las personas pueden tener poca alerta de la presencia del gas en concentraciones dañinas. Grandes concentraciones pueden provocar parálisis del centro respiratorio, causando paro respiratorio. La recuperación se produce sin complicaciones médicas posteriores, aunque los síntomas pueden continuar durante varios meses.

Tabla 3 Umbrales de concentración de sulfuro de hidrógeno en partes por millón (ppm) para efectos a la salud.

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO COORDINACIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS, SEGURIDAD, AMBIENTE Y SALUD EN EL TRABAJO.	CÓDIGO	
	PROTOCOLO DE ACTUACIÓN EN CASO DE CAÍDA DE CENIZA	REV.	0


Limite de exposición (ppm)	Efectos a la salud
0.008 – 0.2	Umbral respiratorio- se detecta olor a huevo podrido
20	Olor a fuga de gas Tolerancia durante algunas horas sin daño
20-50	Irritación ocular
50	Exposición prolongada puede causar faringitis o bronquitis
60	Exposición prolongada puede causar conjuntivitis y dolor de ojos
150+	Irritación del tracto respiratorio superior Sensación de pérdida del olfato
250	Edema pulmonar con riesgo de muerte
500	Muy peligroso, se debe evacuar mucho antes de llegar a este nivel
1000	Pérdida de conciencia
1000-2000	Intoxicación aguda: los síntomas incluyen respiración agitada, angustia, náusea y vómito. Puede ser rápidamente seguido de pérdida de conciencia, coma y paro respiratorio
2000+	Pérdida inmediata de conciencia y alta probabilidad de muerte

iii) Dióxido de carbono (CO₂).

El dióxido de carbono es un gas incoloro e inodoro, 1.5 veces más pesado que el aire y si se emite desde el cráter de un volcán se desliza hacia abajo y puede acumularse en bajos topográficos, desplazando al oxígeno en su camino. El dióxido de carbono (CO₂) es un gas tóxico en altas concentraciones, así como también asfixiante (debido a la reducción de oxígeno). Solamente en altas concentraciones produce irritación en los ojos, nariz y garganta.

Las concentraciones de CO₂ en pequeñas erupciones volcánicas pueden variar desde 1 ppm hasta cientos de ppm (por encima de la concentración en la atmósfera de ~ 350 ppm). Debido a los altos niveles de CO₂ requeridos para que pueda ser peligrosos, las concentraciones se expresan como un porcentaje del gas en el aire por volumen (1% = 10,000 ppm). Los umbrales de concentración para efectos a la salud se detallan en la tabla siguiente.

Tabla 4 Efectos a la exposición respiratoria de dióxido de carbono. (Baxter, 2000; Faivre-Pierret y Le Guern, 1983 NIOSH, 1981).

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO COORDINACIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS, SEGURIDAD, AMBIENTE Y SALUD EN EL TRABAJO.	CÓDIGO	
	PROTOCOLO DE ACTUACIÓN EN CASO DE CAÍDA DE CENIZA	REV.	0

Limites de exposición (% en aire)	Efectos sobre la salud
2 - 3	Imperceptible en reposo, pero en actividad marcada falta de aliento
3	Respiración se hace notoriamente más profunda y más frecuente durante el reposo
3 - 5	Aceleramiento del ritmo respiratorio. Repetida exposición provoca dolor de cabeza
5	Respiración se hace extremadamente dificultosa dolores de cabeza, transpiración y pulso irregular
7.5	Respiración acelerada, promedio cardíaco aumentado, dolor de cabeza, transpiración, mareos, falta de aliento, debilidad muscular, pérdida de habilidades mentales, somnolencia y zumbido auricular
8 - 15	Dolor de cabeza, vértigo, vómitos, pérdida de conciencia y posible muerte si el paciente no recibe oxígeno inmediatamente
10	Agotamiento respiratorio avanza rápidamente con pérdida de conciencia en 10 - 15 minutos
15	Concentración letal, la exposición por encima de este nivel es intolerable
25 +	Convulsiones y rápida pérdida de conciencia luego de unas pocas aspiraciones. Si se mantiene el nivel, deviene la muerte.

iv) Cloruro de hidrógeno o Ácido Clorhídrico (HCl).

El HCl es un gas incoloro con un irritante olor detectable a ~0.8 ppm. Es muy soluble en agua y reacciona a la humedad ambiental formando una niebla. No es inflamable en el aire y tiene una densidad de 1.2 veces más que el aire. Las concentraciones típicas de HCl en erupciones volcánicas varían entre 0.1-3 ppm. La alta solubilidad significa que es altamente irritante a los ojos y membranas mucosas. En contacto con la piel puede causar inflamaciones o quemaduras. Exposiciones prolongadas puede generar erosión de los dientes y ulceraciones en el interior de la nariz. Su inhalación puede causar ahogo, tos e hinchazón en el sistema respiratorio, dependiendo de la severidad de la exposición.

D. Salud Mental.

En las emergencias volcánicas, un buen principio es prepararse para el peor escenario, y recordar que no solo se trata de atender lesionados físicos y salvar vidas, sino también de disminuir el sufrimiento de la gente.


Los equipos de primera respuesta, y los trabajadores de atención primaria en salud deben estar preparados para manejar el componente psicosocial de estas crisis.

En salud mental se combinan dos elementos que determinan el riesgo : la amenaza volcánica propiamente dicha y la vulnerabilidad psicosocial de la población.

El volcán, a diferencia de otros tipos de desastres naturales, es una amenaza física y visible. La población que vive en las cercanías lo pueden observar día tras día y aprenden a convivir con él. Sus características y el grado real de la amenaza que representa varían ampliamente y puede llegar a considerarse un riesgo aceptable.

Las poblaciones desarrollan, frecuentemente, elementos de resistencia y fortalezas psicosociales. Esta proximidad física, mantenida a lo largo del tiempo, genera un mayor grado de vulnerabilidad.

Los factores que influyen en la vulnerabilidad psicosocial son:

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO COORDINACIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS, SEGURIDAD, AMBIENTE Y SALUD EN EL TRABAJO.	CÓDIGO	
	PROTOCOLO DE ACTUACIÓN EN CASO DE CAÍDA DE CENIZA	REV.	0

1. Factores personales
2. Existencia de situaciones traumáticas anteriores
3. Condiciones de vida
4. Pobre apoyo social y familiar
5. Organización comunitaria y la solidaridad grupal
6. Factores circunstanciales

Desde el punto de vista de la salud mental, los grupos más vulnerables son los que tienen mayores dificultades para reconstruir su vida después del desastre. Por eso la vulnerabilidad debe analizarse no solo en función del impacto psicosocial mas inmediato, sino también por las dificultades que tendrán en el futuro para afrontar la recuperación, muchas veces en el mismo lugar de riesgo.

D 1. Efectos Psicológicos.

Este es un factor fundamental a tener en cuenta ya que cuando se desata algún fenómeno natural adverso, el ser humano padece un sentimiento de angustia. La incertidumbre que provoca la incesante actividad volcánica, el temor de perder las pertenencias o de no poder soportar el alto precio que demanda enfrentar la emergencia, repercute en la salud psíquica de la población afectada.

Los servicios de salud mental como parte del sector salud, tienen la responsabilidad de actuar en la preparación y respuesta ante la emergencia, principalmente en la protección de


la población, brindando los primeros auxilios emocionales.

Los trabajadores de la atención primaria en salud, por su parte, deben estar preparados para manejar la componente psicosocial de la crisis.

Motivarlos puede ser de gran ayuda en los momentos difíciles.

RECOMENDACIONES PARA LA ELIMINACIÓN DE LA CENIZA VOLCANICA.


- *Recordar permanentemente a la población la utilización de elementos de protección para la piel, ojos, nariz y boca.*
- *Disponer de bolsas a fundas plásticas reforzadas o costales de fibra y asegurarlas en su abertura para evitar el derramamiento de la ceniza al momento de hacer las labores de limpieza.*
- *Nunca utilice agua por las características de cementación que tiene esta mezcla; la pasta formada obstruye los bajantes de aguas lluvias y alcantarilla, y su peso puede desplomar las cubiertas de viviendas.*
- *La eliminación de la ceniza debe programarse durante varios días, a fin de controlar su continua dispersión y duración en el ambiente.*

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO COORDINACIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS, SEGURIDAD, AMBIENTE Y SALUD EN EL TRABAJO.	CÓDIGO	
	PROTOCOLO DE ACTUACIÓN EN CASO DE CAÍDA DE CENIZA	REV.	0

- *La limpieza de techos y edificios debe realizarse con estrictas normas de seguridad, como el uso de anclajes, ropa adecuada, casco y preferiblemente por personal entrenado en labores de limpieza, construcción y mantenimiento.*
- *No utilice lentes de contacto.*

RECOMENDACIONES ESPECÍFICAS.

- *Utilizar respirador o mascarilla del tipo N95 (Para quienes trabajan continuamente en ambientes con polvo, las máscaras con filtros intercambiables serán más apropiadas estructuras elevadas).*
- *Utilizar protección ocular del tipo monogafas o anteojos en lugar de lentes de contacto.*
- *Si se expone a la ceniza, lave sus ojos con abundante agua. Evite restregarse los ojos para no dañar la córnea.*
- *Utilizar camisa de manga larga, pantalón largo y protección para la cabeza.*
- *Procurar no llevar ropa de trabajo expuesta o contaminada con ceniza a los hogares, a fin de evitar la exposición de familiares.*
- *No barrer en seco, ya que eso esparce las cenizas y produce un alto nivel de exposición.*
- *Si realiza limpieza de equipos eléctricos extreme las medidas de precaución porque la ceniza húmeda es conductora.*
- *Evite manejar a través de zonas con abundante caída de ceniza que impida la visibilidad o las indicaciones de tránsito; Si se debe manejar hágalo solamente si es necesario, con los vidrios cerrados y si debe utilizar el sistema de aire acondicionado, póngalo en modo de recirculación.*
- *Mantenga siempre un suministro de agua limpia para lavarse los ojos y cara.*
- *Tape o envuelva los alimentos que lleve a su trabajo y que deba consumir al aire libre.*
- *Cuando hay caída de ceniza si se encuentra afuera busque refugio, ej. Autos, edificios.*
- *Evite restregarse los ojos para no dañar la córnea.*
- *Realizar la limpieza de todas las superficies (ejemplo: escritorios, equipos, maquinaria) evitando la dispersión de la ceniza, utilizando trapos húmedos.*
- *Aplicar agua con un atomizador sobre las cenizas, antes de intentar limpiarlas. Esto evitara que el viento o la misma operación las levante.*
- *Tener a mano cobertores de plástico para proteger los equipos electrónicos o sensibles a la ceniza (Computadoras, maquinaria, entre otros)*
- *Cuando deba ejecutar una evacuación utilice los Protocolos de Emergencia establecido por la institución.*

	UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO COORDINACIÓN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RIESGOS, SEGURIDAD, AMBIENTE Y SALUD EN EL TRABAJO.	CÓDIGO	
	PROTOCOLO DE ACTUACIÓN EN CASO DE CAÍDA DE CENIZA	REV.	0

Bibliografía

- (OMS), O. M. (2019). Recuperado el Abril de 2020, de OMS: https://www.who.int/topics/medical_waste/es/
- Hospital general de Chone. (2016). Obtenido de <http://hospitalgeneralchone.gob.ec:>
<http://hospitalgeneralchone.gob.ec/wp-content/uploads/2018/03/Manual-de-Bioseguridad-02-2016-1.pdf>
- MAE. (21 de 12 de 2012). <http://suia.ambiente.gob.ec/acuerdos-ministeriales>. Obtenido de <http://suia.ambiente.gob.ec/documents/10179/249439/AM+142+Listado+nacional+de+sustancias+peligrosas.pdf/ecd7b6e9-37f5-4d9a-a4bb-e53015fe7d9f>
- Ministerio de Salud del Ecuador. (20 de 03 de 2019). Obtenido de <https://www.registroficial.gob.ec:>
<https://www.registroficial.gob.ec/index.php/registro-oficial-web/publicaciones/suplementos/item/11460-suplemento-al-registro-oficial-no-450>
- Ministerio de Salud Publica del Ecuador. (2016). Obtenido de Bioseguridad para los establecimientos de salud. Manual.: <http://salud.gob.ec>
- Ministerio de Salud publica del Ecuador. (17 de 09 de 2019). Obtenido de <https://www.registroficial.gob.ec:>
<https://www.registroficial.gob.ec/index.php/registro-oficial-web/publicaciones/ediciones-especiales/item/12038-edicion-especial-no-64>
- Ministerio del Ambiente. (23 de noviembre de 2018). Obtenido de <https://www.registroficial.gob.ec:>
<https://www.registroficial.gob.ec/index.php/registro-oficial-web/publicaciones/ediciones-especiales/item/11114-edici%C3%B2n-especial-n%C2%BA-640>
- Ministerio del Ambiente. (02 de febrero de 2019). Obtenido de <https://www.ambiente.gob.ec/biblioteca:>
<https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/02/Acuerdo-013-reformas-acuerdos-ministeriales-109-y-083-B.pdf>
- PUBLICA, M. D. (2019). *GESTION INTERNA DE LOS RESIDUOS Y DESECHOS GENERADOS EN LOS ESTABLECIMIENTOS DE SALUD*. MSP, QUITO.
- PUBLICA, M. D. (2019). *REGLAMENTO DE GESTION DE DESECHOS GENERADOS EN ESTABLECIMIENTOS DE SALUD*. MSP, QUITO.
- SALUD, O. M. (2014). *Safe management of wastes from health-care activities*. (2 edición ed.). Ginebra.