



# MANUAL DE PROCEDIMIENTOS ANTE CAIDA DE CENIZAS VOLCÁNICAS



Grupo de Estudio y Seguimiento de Volcanes Activos



Proyecto “Exactas con la Sociedad”

Facultad de Ciencias Exactas y Naturales – Universidad de Buenos Aires

-2011-



# *Manual de Procedimientos ante Caída de Cenizas Volcánicas*



## *Autores*

**Dr. Alberto Tomás Caselli**

**Lic. María Laura Vélez**

**Lic. Mariano Roberto Augusto**

## *Colaboradores especiales*

Lic. María Laura Jover

Dr. Carlos Prio (SENASA Zapala)

Juan Martín Galgano (Austral Líneas Aéreas)

Ing. Agr. Raúl Coppa (INTA Esquel)

Dra. Leonor Bonan

Lic. Cintia Lorena Bengoa

Srta. Diana Luz Sierra

Lic. Ana María Fazio

Dra. Ana Monasterio (EPROTEN)

Dr. Manuel Rivera (Coordinador de Emergencias Sanitarias Neuquén)



## INDICE

### Objetivos del manual

### Agradecimientos

## 1. QUE SON LAS CENIZAS VOLCÁNICAS?

## 2. ORGANIZACIÓN MUNICIPAL ANTE LA EMERGENCIA

### 2.1 Organización de la Junta de Defensa Civil Municipal

### 2.2 Organización del COEM (Centro de Operaciones de Emergencias Municipal)

## 3. MEDIDAS DE ACCIÓN POR ETAPAS (Preventiva, de Respuesta y de Recuperación)

### (A) PREVENCIÓN (ANTES)

Sector Coordinación y Logística

Sector Alarma y comunicaciones

Sector Orden Público

Sector Salvamiento y Rescate

Sector Asistencia Sanitaria

Sector Asistencia Social

Sector Transporte

Sector Ingeniería y Rehabilitación

### (B) RESPUESTA (DURANTE)

Sector Coordinación y Logística

Sector Alarma y comunicaciones

Sector Orden Público

Sector Salvamiento y Rescate

Sector Asistencia Sanitaria

Sector Asistencia Social

Sector Transporte

Sector Ingeniería y Rehabilitación

### (C) RECUPERACIÓN (DESPUÉS)

Sector Coordinación y Logística

Sector Alarma y comunicaciones

Sector Orden Público

Sector Salvamiento y Rescate

Sector Asistencia Sanitaria

Sector Asistencia Social

Sector Transporte

Sector Ingeniería y Rehabilitación

## 4. MEDIDAS DE ACCIÓN POR SERVICIO

## 5. QUE SABER DE LOS VOLCANES

### 5.1 Donde y porqué hay volcanes activos?

### 5.2 Que es una erupción volcánica y que tipo de volcanes hay?

### 5.3 Volcanes argentinos-chilenos



## *Manual de Procedimientos ante Caída de Cenizas Volcánicas*



### **5.4 Listado de volcanes activos**

### **5.5 Volcanes Argentinos con erupción últimos 10000 años**

## **6. EFECTOS SOBRE LA SALUD**

### **6.1. Efectos respiratorios**

#### **6.1.1. Máscaras protectoras de polvo**

### **6.2. Síntomas oculares**

### **6.3. Irritación cutáneo**

### **6.4. Efectos indirectos de la caída de cenizas**

### **6.5. Efectos psicológicos**

## **7. EFECTOS EN EL MEDIO AMBIENTE**

### **7.1. Calidad de agua**

### **7.2. Calidad de aire**

## **8. EFECTOS EN EL SECTOR AGROPECUARIO**

### **8.1 Efectos generales de las cenizas sobre animales y recomendaciones**

### **8.2 Efectos generales de las cenizas sobre vegetación y recomendaciones**

## **9. EFECTOS GENERALES SOBRE LA INFRAESTRUCTURA Y LOS SERVICIOS**

### **9.1 Efectos en ciudades**

### **9.2 Efectos en el transporte**

### **9.3 Efecto en Maquinarias y herramientas**

### **9.4 Efectos en la transmisión eléctrica**

## **10. COMUNICACIÓN SOCIAL**

## **11. ¿QUÉ HACER CON LAS CENIZAS VOLCÁNICAS?**

### **11.1.- Cómo limpiar las cenizas de la ciudad**

### **11.2.- Ubicación de las cenizas volcánicas**

### **11.3.- Utilidad para las cenizas acumuladas en los depósitos.**

## **ANEXOS**

### **(A) RECOMENDACIONES PARA LA POBLACIÓN**

### **(B) ENCUESTA PARA LA POBLACION**

### **(C) PROTOCOLO DE ACCION PARA ESTABLECIMIENTOS EDUCATIVOS**

### **(D) RESPONSABLES LOCALES – TELÉFONOS – CADENA DE MANDO**

### **(E) FOLLETO EXPLICATIVO SOBRE RECOMENDACIONES PARA LA POBLACIÓN**

### **(F) MUESTREO Y ANALISIS DE CENIZAS**

## **REFERENCIAS**



## **OBJETIVOS DEL MANUAL**

A lo largo de la cordillera de los Andes, que recorre borde occidental de nuestro país, existen numerosos volcanes potencialmente activos. En las últimas tres décadas han entrado en proceso eruptivo varios volcanes en los Andes argentino-chilenos y al menos cinco en territorio argentino: Viedma (Santa Cruz, 1988?), Copahue (Neuquén, 1992, 1995, 2000), Planchón-Peteroa (Mendoza, 1991, 1998, 2010, 2011), Tupungatito (Mendoza, 1980, 1986) y Aracar (Salta, 1993). Las sucesivas erupciones, sumada a las particulares condiciones atmosféricas, determinaron que densas nubes de cenizas cubran gran parte de la superficie de nuestro territorio. La depositación de las cenizas y su posterior remoción han generado efectos diversos sobre la calidad de vida de los habitantes y sobre sus actividades productivas.

Las primeras medidas adoptadas por los distintos municipios tendieron a ser solo medidas precautorias frente a un evento totalmente desconocido. En este sentido, uno de los objetivos de este manual es el de proponer: mecanismos de coordinación institucional, delimitaciones de las funciones y actividades de las dependencias de los sectores públicos y privados, que forman parte de los centros de operaciones de emergencia. Este documento se fundamenta en las experiencias vividas por las poblaciones de las comunidades afectadas por caídas de ceniza, especialmente las que sufrieron las erupciones del volcán Hudson (1991), volcán Copahue (2000), volcán Chaiten (2008) y Complejo Cordón del Cauille (2011). Está dirigido a autoridades y al personal comunitario que trabaja en estas emergencias y aborda los temas de interés de las comunidades durante la crisis por caída de cenizas volcánicas. Los contenidos que se desarrollan a lo largo del texto incluyen el cuidado de la salud, el abastecimiento del agua, la protección de las viviendas y escuelas, el manejo del ganado, entre otros. En el presente documento se encontrará información práctica e indicaciones sobre como planificar, prepararse y actuar en situaciones de riesgos limitados a una constante caída de ceniza, en las que se intenta resguardar la seguridad de las poblaciones y sus habitantes y continuar con las tareas productivas que sostienen la vida de estas comunidades.

Es necesario puntualizar que este manual fue realizado en base a la experiencia patagónica y tiene una validez y replicabilidad limitada a otras zonas del país y del mundo que enfrenten el mismo tipo de crisis volcánica y en similares condiciones. Hay que tener en cuenta que no siempre es posible convivir con la ceniza y a veces la única alternativa viable que garantiza la seguridad de las comunidades afectadas es el traslado temporal de las poblaciones a nuevas áreas de menor riesgo relativo.

De esta manera, en el marco del Proyecto de Extensión Universitaria “Exactas con la Sociedad”, el Grupo de Estudio y Seguimiento de Volcanes Activos (GESVA) de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (Universidad de Buenos Aires) en colaboración con especialistas de distintas instituciones, pone



## *Manual de Procedimientos ante Caída de Cenizas Volcánicas*



a disposición de las autoridades nacionales, provinciales y municipales y de los responsables de Defensa Civil, el presente documento. Este manual puede ser actualizado y ampliado según las necesidades sociales en estas y otras regiones del país. Por tal motivo, invitamos a la comunidad a realizar críticas y sugerencias del mismo, con la finalidad de que el presente material sea interactivo y pueda ser mejorado en el tiempo.

*Los autores*



## **AGRADECIMIENTOS**

*Los autores desean expresar su agradecimiento a todas las personas que brindaron información durante la recopilación realizada en las localidades en las que se hicieron entrevistas. En especial, queremos destacar la colaboración de los Intendentes de las municipalidades de Esquel, Trevelin, Corcovado, Los Antiguos y Caviahue-Copahue por la gran predisposición para responder nuestras consultas y contactarnos con el personal que actuó en la emergencia. En particular agradecemos al Intendente de la Municipalidad de Esquel Rafael Williams, al Secretario Gobierno Gustavo Lucero y colaboradores como Karina Araqué y Pablo Schulz, quienes se reunieron especialmente con nosotros y nos brindaron toda la información sobre la experiencia vivida. En la localidad de Trevelin, deseamos agradecer a Susana Thomas (Secretaria de Coordinación de Gabinete Municipalidad de Trevelin) y Alejandro Sabelli por la gran colaboración ofrecida y realizar los cuestionarios en la escuela pública, material de gran utilidad para acercarnos a la problemática de la población. Por otro lado, también agradecer al Intendente de la localidad de Corcovado, Héctor Diez y colaboradores, por la útil información brindada, en especial a lo referido a la región rural. En Neuquén, agradecemos al Intendente de la Municipalidad de Caviahue-Copahue, Rigoberto Ramirez, por la información brindada sobre lo ocurrido en las erupciones de los años 1992, 1995 y 2000. En la provincia de Santa Cruz, queremos agradecer al Intendente del Municipio de Los Antiguos, Oscar Sandoval, y a la Secretaria de Gobierno María Elena Sandoval quienes nos brindaron gran información sobre lo ocurrido en el año 1991 y nos contactaron con las personas que aún viven en el pueblo y vivieron dicha experiencia.*

*En cada una de estas localidades que visitamos mucha gente fue la que colaboró, queremos destacar:*

*En la ciudad de Esquel y alrededores al Cmte. Ricardo Maidana (Gendarmería Nacional), Nelson Salles (Bomberos Voluntarios), Susana Rizzuto (Defensa Civil), Dr. Edgar Schumer (Subdirector del Hospital de Esquel), Luis Red (Cooperativa 16 de Octubre), Dr. Oscar Martínez (Universidad San Juan Bosco), y a las juntas vecinales, especialmente la del Barrio Buenos Aires. En la localidad de Trevelin a Carlos Budua (INTA) por la invaluable información que nos brindó. En Los Antiguos a Soledad Rodríguez y Sebastián Gatti por los relatos de lo ocurrido y su gran predisposición para informarnos de lo ocurrido, al Dr. Hugo Ghisolfo (Hospital), a Fernando Manovella y Diego Bértoli (INTA), Silvia Echeverría (Defensa Civil), a Pepe Cienfuegos (en ese momento en la FM local) y Juan Pellón Tejedor, a los productores Ananías Jamñuk y Claudio Mendieta y a los Sres Ruiz y Soto (Consejo Agrario). En la ciudad de Perito Moreno, al Dr. Reinaldo Bimbi por la valiosa información que nos brindó y a Víctor Tejedor. En Villa La Angostura agradecemos al intendente Dr. Ricardo Alonso, al Sr. Juan Martín Galgano, a los miembros del COEM, al Lic. Emilio Molla y al Jefe de la Sub-estación del EPEN Javier Abraham que nos brindaron información sobre las respuestas que se dieron ante la erupción del Puyehue en el 2011.*

*También queremos agradecer la colaboración que nos brindaron las autoridades y las maestras/os de las Escuelas de las distintas localidades, en la distribución de cuestionarios a los padres de los alumnos. Tampoco podemos dejar de mencionar la ayuda que la comunidad nos brindó, contestando los cuestionarios y que fue de gran utilidad para observar las dificultades encontradas durante estas crisis en los distintos hogares.*

*Queremos agradecer también a Emilio Arias y colaboradores, de Defensa Civil de la Provincia de Neuquén, por acercarnos y explicarnos las normativas de la institución.*

*Los autores agradecen especialmente a las autoridades de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales por el apoyo brindado mediante el otorgamiento del Proyecto de Extensión Universitaria "Exactas con la Sociedad".*



## *Manual de Procedimientos ante Caída de Cenizas Volcánicas*

*Este manual pretende ser una recopilación de información existente en informes inéditos y publicaciones, muchas expuestas en la Web, pero en especial una compilación de la experiencia que afrontaron autoridades y pobladores ante la situación de convivir con cenizas volcánicas. Sin lugar a dudas es posible que quedaran algunos temas sin desarrollar, y esperamos que la comunidad nos aporte sus experiencias, para ir mejorando cada día este manual y que sea útil en el futuro a toda la comunidad que pueda padecer este fenómeno natural. Desde la universidad pública queremos hacer este humilde aporte a la comunidad, como agradecimiento por lo que hicieron para nuestra formación. A todos, muchas gracias!*

*Los Autores*

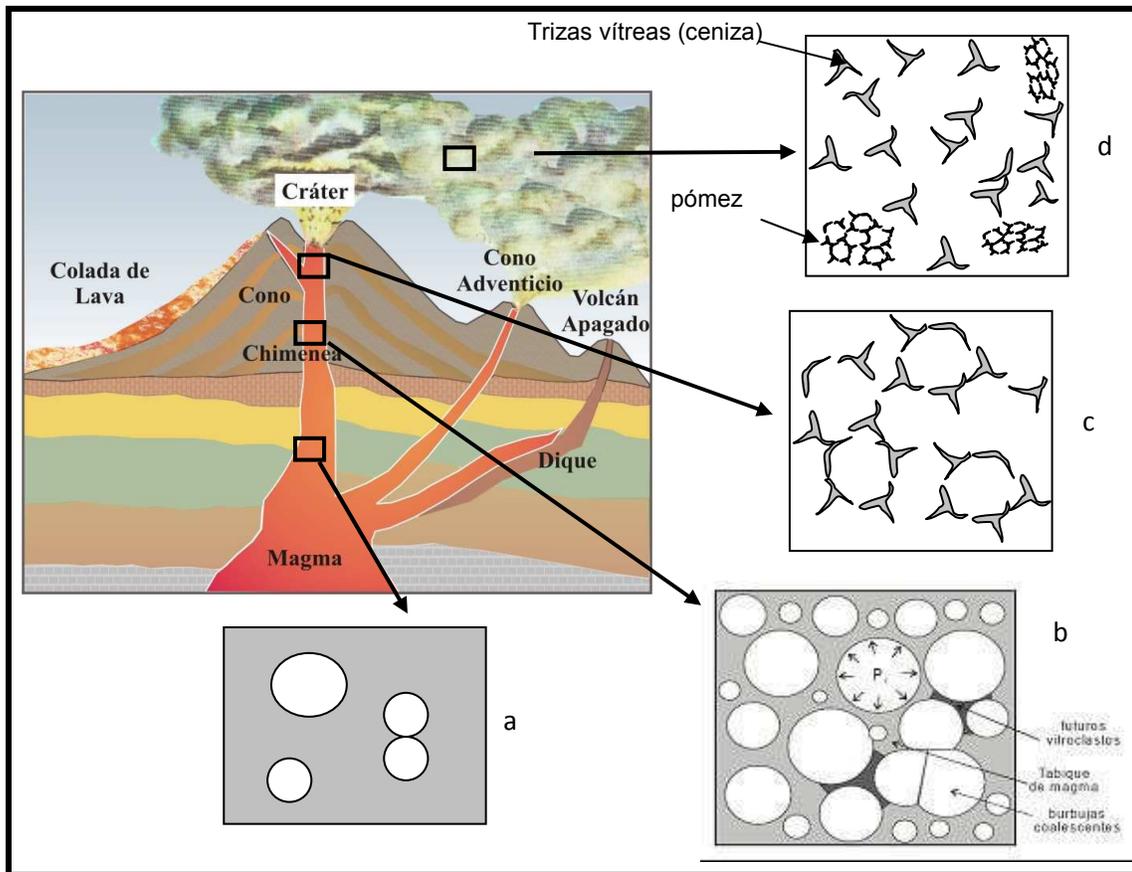
## 1.- ¿QUÉ SON LAS CENIZAS VOLCÁNICAS?

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 (figura 1a), se expanden y prácticamente se tocan entre sí (figura 1b). De esta manera, entre las burbujas quedan paredes o tabiques finos del fundido, que se enfría rápidamente dando lugar a vidrios (Figura 1c). 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 (figura 1d; figura 2). A veces son arrojadas hacia arriba porciones de magma que no se fragmentó y que contienen gran cantidad de burbujas atrapadas (figura 2d). 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 van a 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.



**Figura 1:** Representación del origen de las cenizas en los volcanes (a) porción del magma (en gris) con formación de burbujas (en blanco) producidas por pérdida de presión; (b) aumento de exsolución de burbujas (círculos blancos) del magma (en gris) mostrando los tabiques (remarcado en negro) que se forman al crecer las burbujas y disminuir el espacio entre ellas (futuras trizas vítreas que en conjunto son denominadas como ceniza volcánica al ser eyectadas por el cráter); (c) fragmentación de los tabiques (en gris) que existe entre burbujas dando lugar a partículas puntiagudas denominadas trizas vítreas o ceniza; (d) porción de la nube donde se observan las trizas eyectadas (que darán lugar a nubes de cenizas) junto a porciones que no se fragmentaron (pómez).

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.

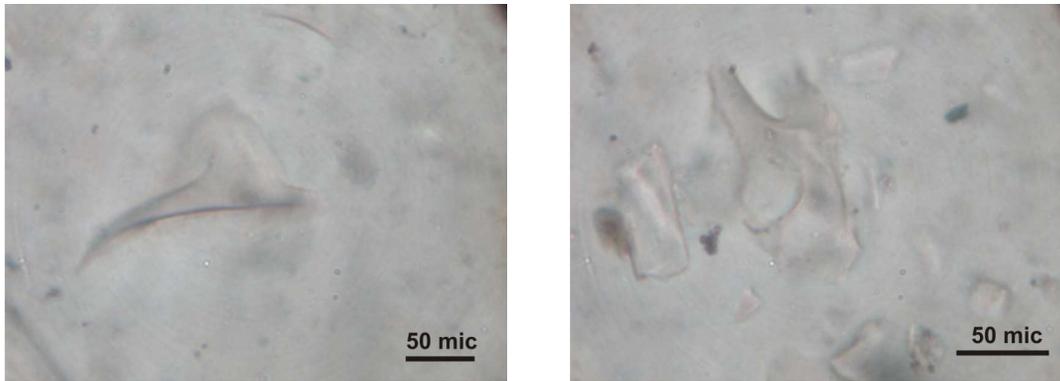


Figura 2: Fotografías de cenizas volcánicas que cayeron en Buenos Aires en junio 2011 (volcán Puyehue-Cordón Caulle), vista al microscopio de polarización. Puede observarse las formas puntiagudas que presentan y las formas redondeadas que marcan claramente que han sido las paredes de las burbujas, tal como se explicaba en el texto y la figura 1. (Microfotografía de la Dra. S. Alonso)

Por todo esto, la única manera de mitigar la caída de cenizas, es la prevención. En Argentina, 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 Argentino son muy elevadas (ver Sección 5).



## **2.- ORGANIZACIÓN MUNICIPAL ANTE LA EMERGENCIA**

El presente manual brinda una serie de procedimiento, medidas y recomendaciones para las localidades que enfrentan una contingencia por caída de cenizas. Está dirigido fundamentalmente a las autoridades municipales que deben convivir con el evento, y dar respuesta a la población. Sin embargo, la estructura del sistema de emergencias involucra también al estado provincial y al nacional.

Como el presente trabajo fue concebido para ser aplicado en diversos municipios de diferentes provincias, solo haremos mención de las Leyes y Decretos específicos, de gestión de riesgos y de manejo de emergencias, que a nivel Nacional se deben tener en cuenta, quedando para cada organismo de Protección Civil Provincial o Municipal, sus equivalentes o el estudio de las normas legales que sean de aplicación en cada caso.

A nivel nacional, se están desarrollando una serie de avances en la Gestión de Riesgos, luego que en enero de 2005 se firmara el Marco de Acción de Hyogo (MAH) junto a 167 países. Este acuerdo internacional – no vinculante –, compromete a la Argentina a organizarse en materia de Reducción de Riesgos de Desastres (RRD) en un plazo de 10 años, debiendo trabajar en forma sistemática en cinco “Prioridades de Acción”, también llamadas pilares del MAH. El primer paso trascendente realizado por el país fue la conformación de la Plataforma Nacional (de RRD) en el año 2007, que desde entonces trabaja activamente coordinando el accionar del estado nacional, de las provincias, los municipios y de todas las organizaciones de la sociedad Argentina.

En el plano social existen varias leyes y decretos que se refieren al accionar del estado y la sociedad en la Gestión de los Riesgos y en el Manejo de Emergencias, pero al mismo tiempo, si bien existen varias propuestas, a la fecha existe un vacío legal en lo que respecta a una ley que establezca un Sistema Integrador de Gestión de Riesgos y Manejo de Emergencias. El Decreto N°1250/99 constituye el Sistema Federal de Emergencias (SIFEM) y el Gabinete de Emergencias (GADE) que depende de la Jefatura de Gabinete de Ministros. Esta norma define al SIFEM como un “esquema de organización del Estado Nacional que articula los organismos públicos nacionales competentes y coordina su accionar con las provincias, la ciudad autónoma de Buenos Aires y los municipios, para prevenir y gerenciar eficientemente la atención de las emergencias o desastres naturales o antrópicos”.

Ante una emergencia por erupción volcánica, Protección Civil de la Nación es quien actúa a nivel nacional, apoyando a las Defensas Civiles Provinciales. Por otro lado, existe un centro, dependiente del Servicio Meteorológico Nacional, que monitorea plumas de cenizas volcánicas denominado VAAC (*Volcanic Ash Advisory Centre*). Existen en el mundo nueve centros, uno de los cuales está ubicado en Buenos Aires e involucra el monitoreo de plumas de volcanes activos de Sudamérica desde la latitud de Ecuador.

En Chile, el organismo responsable de la emergencia es la Oficina Nacional de Emergencias – ONEMI-, creada en 1974 tiene como objetivo asesorar, guiar, coordinar, evaluar y controlar el ejercicio eficiente y eficaz de la gestión permanente del Estado de Chile en la planificación y coordinación de recursos públicos y privados destinados a la prevención y atención de emergencias y desastres de origen natural o provocados por la actividad humana.

Algunas situaciones de emergencia por caída de cenizas vividas en la Argentina, ocurrieron sin previo aviso, debido a la falta de monitoreo volcanológico en ambos países. Otras contaron con una alerta previa (volcán Hudson en 1991 la erupción ocurrió días antes que el viento arrojara cenizas al territorio argentino; volcán Puyehue-Cordón Caulle en 2011 se declaró alerta amarilla un mes antes).

En este sentido la UNDRO (*United Nations Disaster Relief Organization*) en 1987, ha recomendado establecer estados de alerta para distintos escenarios de fenómenos precursores de una



posibilidades de ser afectados por este tipo de eventos). De no contar con este plan, la Junta de Defensa Civil Municipal (presidida por el Intendente) es la encargada de la confección del mismo. En el presente manual se brinda una sugerencia, que deberá ser adaptada en cada municipio, y que ha sido tomada de ejemplos nacionales.

## 2.1.- Organización de la Junta de Defensa Civil Municipal

Ante una alerta volcánica el Intendente Municipal, como responsable de la Defensa Civil Municipal, convoca a la Junta de Defensa Civil (responsables de las Áreas o Servicios)

Dicha Junta Municipal de Defensa Civil deberá contar con una serie de sectores o servicios donde se distribuirán las distintas tareas a realizar. El siguiente cuadro muestra un ejemplo de división de la Junta en Servicios, tomado de algunas localidades, que podrá adaptarse luego a cada Municipio según conveniencia.

JUNTA MUNICIPAL DE DEFENSA CIVIL		
Presidente	Coordinación y logística	Intendente
Jefe de Operaciones		a designar responsable
Jefe de Servicios	Servicio de alarma y comunicación	a designar responsable y alterno
	Servicio de orden público	Jefe de Policía - Gendarmería
	Servicio de Salvamento y Rescate	a designar responsable y alterno
	Servicio de Asistencia Sanitaria	a designar responsable y alterno, en general es máxima autoridad en salud (Director de Hospital)
	Servicio de Asistencia Social	a designar responsable y alterno
	Servicio de Transporte	a designar responsable y alterno
	Servicio de Ingeniería y Rehabilitación	a designar responsable y alterno

Los responsables de los Servicios de Defensa Civil, bajo la coordinación general del Intendente Municipal, instruyen al personal afectado sobre los planes sectoriales, que cada uno debe poner en marcha. La coordinación logística de todos los servicios requiere, además de la del Presidente de la Junta, la de un Jefe de Operaciones, que podría ser el encargado de la Defensa Civil Municipal o la persona que el Intendente nombre.

En la sección siguiente (2.2) se describen las responsabilidades y tareas de los servicios.

## 2.2.- Organización del COEM (Centro de Operación de Emergencias Municipal)

Ante una emergencia volcánica el Intendente Municipal, como responsable de la Defensa Civil Municipal, conforma y convoca el Centro de Operación de Emergencias Municipal (COEM). El COEM estará integrado por un conjunto de instituciones y organizaciones públicas y privadas afectadas en caso de necesidad. Cada una deberá designar a un representante que será el encargado de participar en las reuniones del Comité. Estas instituciones son:



## Manual de Procedimientos ante Caída de Cenizas Volcánicas



- Municipalidad (representada por el Jefe de Operaciones)
- Fuerzas del Orden (Policía, Gendarmería y Prefectura)
- Fuerzas Armadas (Ejercito)
- Bomberos
- Hospitales
- Parques Nacionales y Provinciales
- Cooperativas de Servicios
- Vialidad Nacional y Provincial
- Ministerio de Educación
- Universidades
- ONG
- Organizaciones privadas
- Consejos Agrarios y/o Sociedades Rurales

El COEM seguirá teniendo la estructura de la Junta de Defensa Civil, con la diferencia que en la misma participarán las entidades mencionadas anteriormente. Los distintos servicios que conforman el COEM tendrán asignadas tareas específicas durante las distintas fases que constituye el plan de contingencia (antes, durante y después).

CENTRO OPERACIONES DE EMERGENCIA MUNICIPAL		
Presidente	Coordinación y logística	Intendente
Jefe de Operaciones		a designar responsable
Jefe de Servicios	Servicio de alarma y comunicación	Director de radio, Municipalidad
	Servicio de orden público	Policía, Gendarmería, Prefectura
	Servicio de Salvamento y Rescate	Ejercito, Bomberos, etc.
	Servicio de Asistencia Sanitaria	Director de Hospitales
	Servicio de Asistencia Social	Municipalidad, Ministerio de Educación, ONGs, Bomberos, etc.
	Servicio de Transporte	Ejercito, Gendarmería, etc.
Servicio de Ingeniería y Rehabilitación	Cooperativas de Servicios, Vialidad provincial, Organizaciones privadas, Consejos Agrarios y/o Sociedades Rurales, INTA, SENASA, etc.	

**Coordinación y logística:** La coordinación de todos los servicios requiere, además de la del Presidente del COEM, la de un Jefe de Operaciones que podría ser el encargado de la Defensa Civil Municipal o la persona que el Intendente nombre.

**Servicio de alarma y comunicación:** Será el vocero oficial que se responsabilizará de la divulgación a los medios y al público antes y durante la emergencia.



## *Manual de Procedimientos ante Caída de Cenizas Volcánicas*



**Servicio de orden público:** Se encarga de la seguridad de las viviendas y del tránsito. El jefe del Servicio, junto a un comité asesor permanente, debe coordinar las operaciones y dar la respuesta en casos de emergencias.

**Servicio de Salvamento y Rescate:** Se encarga de socorrer a las familias que necesitan algún tipo de requerimiento por problemas en las viviendas, vehículos, etc. La coordinación de todos los componentes del sector requiere de un comité asesor permanente integrado por Bomberos, Defensa Civil, Ejército, Gendarmería y Prefectura (en caso que estén presentes en el área) y coordinado por la autoridad que considere el Presidente del COEM. El jefe del Servicio debe coordinar las operaciones y dar la respuesta en casos de emergencias.

**Servicio de Asistencia Sanitaria:** La coordinación de todos los componentes del sector salud -públicos y privados- debe ser por la máxima autoridad administrativa del sistema de salud, y debe proporcionar asesoramiento, coordinar las operaciones en nombre de las autoridades del sector salud (Ministerio de Salud), y respaldar la respuesta sanitaria en casos de emergencias de gran escala.

**Servicio de Asistencia Social:** Es quien atenderá la ayuda social a las personas afectadas. La coordinación de todos los componentes del sector requiere de un comité asesor permanente integrado por representantes de la Municipalidad, Bomberos, Defensa Civil, Ejército, Gendarmería y Prefectura (en caso que estén presentes en el área) y coordinado por la autoridad que considere el Presidente del COEM. El jefe del Servicio debe coordinar las operaciones y dar la respuesta en casos de emergencias.

**Servicio de Transporte:** Es el que centraliza y coordina las movilidades ante la emergencia. La coordinación de todos los componentes del sector requiere de un comité asesor permanente integrado por representantes de la Municipalidad, Bomberos, Defensa Civil, Ejército, Gendarmería y Prefectura (en caso que estén presentes en el área) y coordinado por la autoridad que considere el Presidente del COEM. El jefe del Servicio debe proporcionar asesoramiento, coordinar las operaciones y dar la respuesta en casos de emergencias.

**Servicio de Ingeniería y Rehabilitación:** Es el principal servicio cuya función será la de evaluación de daños y restauración de los servicios en el menor tiempo posible. En este sentido, coordinará con los responsables de las distintas cooperativas para la pronta respuesta y coordinará con orden público lo relacionado a la seguridad vial. También estará a cargo de las tareas de limpieza esenciales para mantener las condiciones de habitabilidad. La coordinación de todos los componentes del sector requiere de un comité asesor permanente integrado por representantes de la Municipalidad, Bomberos, Defensa Civil, Cooperativas de Servicios, etc. y coordinado por la autoridad que considere el Presidente del COEM.

En el siguiente capítulo (sección 3) se detallan las medidas de acción a tomar en cada una de las etapas y en la sección 4, un resumen de las medidas a tomar por cada Sector o Servicio.

### 3. MEDIDAS DE ACCIÓN POR ETAPAS

Un plan de contingencia por caída de cenizas volcánicas, tiene por objeto establecer un marco de acción para el manejo coordinado de las medidas destinadas a enfrentar eficientemente situaciones de emergencia. Se pretende con el mismo que la población de cada localidad responda rápidamente con los recursos disponibles para restaurar los niveles del servicio que tenían antes del desastre. El plan debe ser claro, conciso y completo, debiendo designar con precisión quién hace qué y cuándo. El plan pretenderá alcanzar cinco objetivos básicos, con el fin de desarrollar en la comunidad una cultura de riesgo para que responda en forma correcta ante estos eventos adversos:

- (i) Generar información base de la región: mapa de riesgo, planes de contingencia, protocolos de actuación y sistemas de monitoreo. Tener planes de ordenamiento territorial para disminuir factores de riesgo con antelación.
- (ii) Organizar a las entidades públicas y a la población para que contribuyan eficientemente con los recursos disponibles en el lugar. Es importante recurrir al acervo cultural local.
- (iii) Conseguir un alto grado de capacitación y organización de las autoridades responsables de acudir ante la emergencia.
- (iv) Promover la acción coordinada de los diferentes organismos nacionales, provinciales y municipales de protección al producirse un desastre.
- (v) Delimitar claramente las tareas de los sectores políticos, de los ejecutivos y de investigación, unificándolos coordinadamente por quien preside el COEM.
- (vi) Alcanzar una eficiente preparación y participación de la población, a través de la autoprotección ciudadana a fin de que reaccione de inmediato y favorablemente desde los primeros momentos del evento.
- (vii) Que la ciudadanía sea consciente del peligro y sepa que cumpliendo las disposiciones lógicas del Plan, preservará su integridad física. Es importante no retacear información a la población.

Todo municipio debería tener, dentro de sus planes de contingencia ante fenómenos naturales y antrópicos, un plan correspondiente a contingencia por caída de cenizas, particularmente aquellas localidades ubicadas en la región cordillerana y precordillerana, potencialmente con mayores posibilidades de ser afectados por este tipo de eventos.

De no contar con este plan, la Junta de Defensa Civil Municipal (presidida por el Intendente) es la encargada de la confección del mismo. Es importante destacar que la planificación es una acción continua, un plan de contingencia estático quedará rápidamente obsoleto, alimentando una falsa sensación de seguridad. Por esta razón es fundamental la revisión y actualización periódica de lo dispuesto en el plan.

Las medidas a realizar en cada una de las etapas son las siguientes:

- (A) Etapa de PREVENCIÓN (Antes del evento):** La etapa preventiva involucra las medidas de preparación a corto y mediano plazo, tomadas durante el período pre-impacto y tiene por objetivo la reducción de la vulnerabilidad. Esto ocurre especialmente cuando existe la posibilidad de una alerta temprana de erupción (volcanes monitoreados y las instituciones responsables dan el aviso a los Municipios y Defensa Civil). En este caso hay tiempo para prepararse ante la contingencia de caída de cenizas. Un buen trabajo realizado durante esta etapa permitirá una eficiente gestión del riesgo. En el caso de que no hubiera una alerta temprana de erupción, no se dispondrá del tiempo suficiente para los preparativos sugeridos en esta Etapa. En este caso se aplicarán directamente las tareas correspondientes a la siguiente (durante el evento).

- (B) **Etapa de RESPUESTA (Durante el evento):** Esta fase involucra no solo el período de caída de cenizas, sino también el tiempo requerido para la remoción de las cenizas a fin de restablecer el normal funcionamiento de las actividades de la comunidad.
- (C) **Etapa de RECUPERACIÓN (Después del evento):** Esta etapa involucra el período en el que se restablece el normal desarrollo de las actividades de la comunidad. El nivel de riesgo se eleva en progresión geométrica una vez concluida la etapa de mayor caída de cenizas. Tener en cuenta que la etapa posterior al evento puede ser más riesgosa que durante la erupción.

### (A) PREVENCIÓN (ANTES DEL EVENTO)

La etapa preventiva involucra las medidas de preparación a corto y mediano plazo, tomadas durante el período pre-impacto y tiene por objetivo la mitigación, es decir, la reducción de la vulnerabilidad. En esta fase deben realizarse fundamentalmente:

- tareas de concientización en la población
- estudios de impacto ambiental (ej. futura zona de deposición de cenizas)
- evaluación de planes de evacuación considerando centros y rutas alternativas
- realización de simulacros, prueba de alarmas, etcétera.
- tener mapas de riesgo y vulnerabilidad
- realizar, de ser necesario, obras de prevención

Esta fase debe considerarse en caso que exista un monitoreo volcánico, y la posibilidad de una alerta temprana de erupción (las instituciones responsables dan el aviso a los Municipios y Defensa Civil). En este caso hay tiempo para prepararse ante la contingencia de caída de cenizas. Un buen trabajo realizado durante esta etapa permitirá una eficiente gestión del riesgo.

Es importante realizar una evaluación idónea de la información recibida sobre el evento volcánico (magnitud, posible duración, etc.), a fin de establecer las necesidades. El **tamaño de las partículas** y el **volumen del depósito** son dos factores claves en la magnitud del evento. En este caso es significativo contar con un comité asesor (regional, provincial o nacional), constituido por especialistas que puedan analizar el tipo de erupción, la localización del volcán, la predominancia de vientos, etc., permitiendo definir posibles escenarios.

Es primordial dar a conocer a las autoridades superiores (Provincia, Nación) la evaluación del evento, los recursos disponibles y las necesidades y acciones a realizarse, a fin de contar con el apoyo necesario para hacer frente a la emergencia.

En el caso de que no hubiera una alerta temprana de erupción, no se dispondrá del tiempo suficiente para los preparativos sugeridos en esta etapa. En este caso se aplicarán directamente las tareas correspondientes a la Etapa Respuesta (durante el evento).

A continuación se detallan las acciones a realizar por cada uno de los sectores o servicios que constituyen La Junta de Defensa Civil. En la sección siguiente (Sección 4) se presenta la misma información en forma sintética y en una planilla por sector o servicio, donde se detalla las acciones a realizar para las distintas etapas (antes, durante y después).

### SECTOR COORDINACIÓN Y LOGÍSTICA

- Convocar la Junta de Defensa Civil y activar el COEM si la situación de alerta lo requiere.



## Manual de Procedimientos ante Caída de Cenizas Volcánicas



- Identificar los recursos humanos disponibles para la organización y designar los miembros del comité de emergencia (incluidos los voluntarios y el personal auxiliar).
- Definir responsabilidades de acuerdo con las estrategias de la división en servicios y funciones de cada uno. En este manual se presenta un esquema que ha sido utilizado en otras localidades ante un evento semejante.
- Activar el Plan de Contingencia, en caso que lo hubiera.
- Centralizar el sistema de recolección de la información de los distintos servicios para su posterior evaluación
- Establecer y mantener vínculos de coordinación y de comunicación con los organismos públicos pertinentes, responsables de las medidas de socorro y formalizar acuerdos antes de que ocurra el posible evento.
- Mantener actualizado el inventario de recursos: (vehículos oficiales, maquinarias, equipos, personal, etc.).
- Solicitar asesoramiento de las comisiones especiales y de los organismos provinciales y nacionales sobre el estado de situación de la actividad volcánica y los posibles efectos. De ser posible organizar un comité técnico con especialistas en volcanología y meteorología.
- Coordinar las comunicaciones entre los miembros del COEM (ver anexo D).
- Establecer lugar para el COEM en caso de requerir convocarlo ante el desencadenamiento del evento volcánico.
- Gestionar los recursos necesarios para que el COEM pueda funcionar de manera eficiente durante una emergencia.
- Promover la capacitación y el entrenamiento del personal que interviene en la emergencia.
- Crear formatos estandarizados para los informes y la presentación de información (mapas, cuadros de situación, tabla de recursos, cuadro de acciones, etc.)
- Tener identificada la zona donde se depositarán las cenizas que se junten por la limpieza del área urbana (ver Sección 11).
- Informar a SENASA, INTA para dar aviso a los productores agropecuarios.
- Contactar a las instituciones u organismos responsables del monitoreo de calidad de aire y calidad de agua, así como quien realice el análisis químico y físico de las cenizas que se depositen. El monitoreo se realiza a través de Salud Ambiental de la provincia; para el estado del agua y el muestreo de aguas está a cargo de las cooperativas de servicios. El monitoreo de calidad de aire puede realizarse a través de la Secretaría de Medio Ambiente de la Nación que cuenta con el equipamiento necesario.
- Preparar el plan de evacuación, para el caso que sea necesario activarlo

### SECTOR ALARMA Y COMUNICACIONES

La etapa de preparación es fundamental para el perfeccionamiento e implementación de los planes de comunicación. Durante esta etapa, se deben fortalecer las alianzas interinstitucionales: medios, sector educativo, científico, para garantizar el adecuado manejo de la información. Se debe capacitar al personal responsable de la transmisión ante la emergencia (ver Sección 10).

La principal medida que debe desarrollarse durante esta etapa es la prevención, es importante desarrollar y coordinar programas de información a la comunidad sobre las medidas de autoprotección ciudadana ante situaciones de emergencia (ver ANEXOS A y E).

- Es importante actualizar y gestionar inventarios de los recursos disponibles, y producir los formatos previos de los boletines de prensa.
- Tener en cuenta los problemas eléctricos y contar con un generador portátil y en lo posible equipo VHF/HF.



- Informar a la población sobre el medio de comunicación oficial donde se darán los informes periódicos del estado de situación en caso de emergencia.
- Realizar campañas de difusión a través de los medios de comunicación social sobre las medidas de autoprotección ciudadana (ver Anexo A y D).
- También es recomendable acercar a los colegios material de divulgación, sobre las principales medidas que debe conocer la población durante una emergencia (ver Anexo A y D).

## **SECTOR ORDEN PÚBLICO**

La coordinación de todos los componentes del sector generalmente está integrado por la máxima autoridad de Policía, hasta que ocurra la emergencia, donde el presidente del COEM analizará si debe ser modificado. El jefe del Servicio debe proporcionar asesoramiento y planificar las operaciones en casos de emergencias. En este sentido debe:

- Planificar en caso de evacuación, las medidas a tomar para garantizar la seguridad de las personas y de los bienes.
- Preparar personal de apoyo y voluntarios que puedan ser requeridos durante la emergencia.
- Preparar planes de control de tránsito.

## **SECTOR SALVAMENTO Y RESCATE**

La coordinación del sector debe estar integrado por un miembro de Defensa Civil o Bomberos y debe prepararse dar la respuesta en caso de emergencia. En este sentido debe:

- Preparar personal de apoyo y voluntarios que puedan ser requeridos durante la emergencia.
- Coordinar con los sectores que correspondan la disponibilidad de vehículos y equipamiento para la realización de las tareas.
- Identificar potenciales áreas de evacuación, determinar las rutas a utilizarse y el transporte disponible, trabajando con los otros Servicios.

## **SECTOR ASISTENCIA SANITARIA**

La coordinación de todos los componentes del sector salud -públicos y privados- requiere de un Comité Asesor Permanente integrado de manera multidisciplinaria, y coordinado por la máxima autoridad administrativa del sistema de salud, el cual debe articularse en el futuro con el Centro de Operación de Emergencias Municipal (COEM) como Jefe del Servicio Sanitario. Generalmente el Director del Hospital o Sala Primeros Auxilios, etc. actúa de Jefe del Servicio, y es la instancia permanente de coordinación con las instituciones públicas, privadas y organismos no gubernamentales que trabajan en la prevención y atención de desastres.

El jefe del Servicio, junto al Comité Asesor Permanente, debe proporcionar asesoramiento, coordinar las operaciones en nombre de las autoridades del sector salud (Ministerio de Salud), y respaldar la respuesta sanitaria en casos de emergencias de gran escala. En este sentido debe:

- Revisar el Plan de Contingencia Sanitario

- Garantizar la instalación y correcto funcionamiento de salas de situación en los diferentes niveles de atención de salud, y asegurar el flujo de información entre ellas y el Comité Asesor.
- Identificar los posibles escenarios de salud de acuerdo con el análisis de los peligros y la vulnerabilidad, enumerando todas las probables necesidades de salud generadas por estos escenarios (ver Sección 6).
- Organizar personal necesario para la emergencia. Durante el proceso eruptivo de un volcán es importante que las Instituciones, públicas y privadas, que trabajan en el campo sanitario coordinen acciones para no duplicar esfuerzos, funciones y optimizar recursos. Por otro lado, instruir al personal de guardia y/o médicos rurales sobre las patologías más frecuentes que se ven agravadas con la presencia de ceniza en el ambiente (ver Sección 6).
- Realizar un inventario de artículos esenciales que podrían ser requeridos. *Los mismos son:*
  - *Para problemas respiratorios: broncodilatadores, corticoides inhalatorios, hidrocortisona endovenosa para casos agudos.*
  - *Para problemas dermatológicos: cremas hidratantes, crema o tópicos con corticoides.*
  - *Para problemas oftalmológicos: anteojos-antiparras, colirios no vasos constrictores, lágrima artificial.*
  - *Para problemas generales: mascarillas, ansiolíticos, antihistamínicos, sueros y antiparras protectoras para los ojos.*
- Conocer con cuantas ambulancias se cuenta para atender emergencias.
- Chequear equipo/s electrógeno/s. Es posible que haya cortes de energía debido a que la ceniza es muy conductora, especialmente si está húmeda, y genera cortocircuitos en la transmisión de electricidad. Por lo tanto es necesario controlar el perfecto funcionamiento del equipo electrógeno.
- Disponer de materiales necesarios para conservar las medidas de higiene (por cenizas) del centro hospitalario. Está relacionado a los elementos que se necesitan para evitar el ingreso de ceniza.
- Contar con organismos especializados en asistencia psicológica para la ayuda psico-emocional de las personas afectadas.
- Capacitar a los y las maestras de los centros educativos de la zona afectada en procesos de apoyo psico-afectivo del niño.
- Orientar a la comunidad sobre el uso adecuado de los servicios de salud, y promover la autoayuda a través de los medios de comunicación (ver Anexos A y D).

### SECTOR ASISTENCIA SOCIAL

La coordinación de todos los componentes del sector requiere de un Comité Asesor Permanente integrado por representantes de la Municipalidad, Bomberos, Defensa Civil, Ejército, Gendarmería y Prefectura (en caso que estén presentes en el área) y coordinado por la autoridad que considere el Presidente de la Junta. También la coordinación debe estar articulada junto al SENASA, INTA y las asociaciones agropecuarias locales para dar respuesta futura a los agricultores y ganaderos. El jefe del Servicio, junto al Comité Asesor Permanente, debe proporcionar asesoramiento, planificar las operaciones para dar la respuesta en caso de emergencia. En este sentido debe:

- Preparar programas de asistencia social para emergencias.

- Organizar la comunidad en Juntas Barreales y realizar con ellos las tareas de prevención. Es importante hacer una encuesta por casa para tener censada la información necesaria ante la emergencia (integrantes del grupo familiar, cuantos menores, tipo de construcción, que trabajo tienen, etc.) como la presentada en Anexo B.
- Identificar recursos (personal, voluntarios, transportes, centros de atención y acopio, etc.) disponibles para la atención primaria de áreas afectadas.
- Identificar sitios seguros que sirvan de albergue temporal para personas evacuadas.
- Contar con información actualizada en cuanto a mapas de riesgo y población vulnerable.
- Capacitar y entrenar voluntarios para asistencia social.
- Preparar acuerdos con centros mayoristas locales y regionales que sean necesarios en situación de emergencia.
- Informar sobre las medidas preventivas a los agricultores y/o ganaderos antes de que ocurra el siniestro; se recomienda mantener algún tipo de charla interactiva e informativa, o que se establezca algún medio de difusión como cartillas oficiales para informar a los propietarios. Es muy importante que se sepan con la mayor anticipación posible los peligros y las medidas preventivas para disminuir lo más posible los daños durante el evento de caída (ver Sección 8).
- Prever acopio de forraje para animales.
- Se deberían realizar gestiones para la flexibilización de los requerimientos para la venta y transporte de animales.
- Gestionar recursos para garantizar la infraestructura necesaria para el almacenamiento y suministro de alimento (cobertizos, galpones, bebederos, comederos, etc.).
- Gestionar recursos para garantizar la calidad de agua (tejido geotextil, caños de pvc, mangueras, accesorios, cercos para aguadas, etc.).
- Conformar y/o fortalecer el Comité de Crisis Rural y dar apoyo a las organizaciones de productores y agrupaciones aborígenes (mapuches, etc.).

### SECTOR TRANSPORTE

La coordinación de todos los componentes del sector y coordinado por la autoridad que considere el Presidente del COEM. El jefe del Servicio, debe hacer un inventario de movilidades y prepararse para coordinar las operaciones para dar la respuesta en caso de emergencia. En este sentido debe:

- Disponer de los vehículos adecuados para el tipo de transporte requerido:
  - suministro de alimento
  - suministro de agua potable
  - suministro de combustible
  - equipos y maquinaria para limpieza de cenizas de calles y rutas
  - camiones para evacuación de ganado

### SECTOR INGENIERÍA Y REHABILITACIÓN

El principal servicio que actuará durante la emergencia será el de Ingeniería y Rehabilitación, cuya función será la de evaluación de daños y restauración de los servicios en el menor tiempo posible. En este sentido, tendrá que coordinar con las distintas cooperativas de servicios y estará a cargo de las tareas de limpieza y traslado de cenizas. La coordinación de todos los componentes del sector va a requerir de un Comité Asesor Permanente integrado por representantes de la Municipalidad, Bomberos, Defensa Civil, Cooperativas de Servicios, etc. y coordinado por la autoridad que considere el Presidente del COEM



## *Manual de Procedimientos ante Caída de Cenizas Volcánicas*



(generalmente Secretario o Director de Obras Públicas). El jefe del Servicio, debe planificar las operaciones para dar la respuesta en caso de emergencia. En este sentido debe:

- Hacer un inventario del equipo disponible y suministros necesarios.
- Realizar el análisis de vulnerabilidad de la ciudad y de los habitantes (tener en cuenta Sección 9).
- Tomar las medidas necesarias para disminuir el impacto que puedan causar los ríos y arroyos de gran caudal. Si es una zona donde las cabeceras están cerca y hay una pendiente importante, es posible que se generen aluviones o lahares, debido a la gran cantidad de cenizas que se incorporan al agua (ver Sección 5). Si estamos en una zona boscosa, mantener libre de troncos los cauces.
- Hacer estudios de evaluación y zonificación de la amenaza e identificación de zonas vulnerables (por caída de techos, inundaciones por problemas de alcantarillado, etc.).
- Gestionar equipamiento necesario para la realización de las tareas a su cargo.
- Disponer de los medios necesarios para mantener operables y señalizadas las rutas y principales arterias de la ciudad.
- Revisar posibles rutas alternativas en caso de evacuación.
- Identificar y acondicionar los sitios de depositación de las cenizas.
- Ajustar sistemas de monitoreo y alertas de evacuación en caso de grandes acumulaciones de ceniza en los techos o posibilidad de aluviones a partir de lluvias (lahares).



## **(B) RESPUESTA (DURANTE EL EVENTO)**

Esta fase involucra no solo el período de caída de cenizas, sino también el tiempo requerido para la remoción de las cenizas a fin de restablecer el normal funcionamiento de las actividades de la comunidad. En esta etapa es importante realizar un análisis detallado y una evaluación idónea de la información recibida sobre el evento volcánico (magnitud, posible duración, etc.), a fin de establecer las prioridades. Es importante contar con un comité asesor (regional, provincial o nacional), constituido por especialistas que puedan analizar el tipo de erupción, la localización del volcán, la predominancia de vientos, etc., permitiendo definir posibles escenarios. El **tamaño de las partículas** y el **volumen del depósito** son dos factores claves en la magnitud del evento.

Es importante dar a conocer a las autoridades superiores (Provincia, Nación) la evaluación del evento, los recursos disponibles y las necesidades y acciones a realizarse, a fin de contar con el apoyo necesario para hacer frente a la emergencia.

Los distintos servicios que conforman el COEM tendrán asignadas tareas específicas y el correcto desempeño de éstas tareas permitirá el cumplimiento de las funciones básicas del comité de emergencia, que pueden sintetizarse en los siguientes puntos:

1. Identificar los recursos humanos disponibles para la organización y designar los miembros del comité de emergencia (incluidos los voluntarios y el personal auxiliar).
2. Establecer y mantener vínculos de coordinación y de comunicación con los organismos públicos pertinentes, responsables de las medidas de socorro y formalizar acuerdos antes de un desastre.
3. Hacer un inventario del equipo y suministros, y mantener registros múltiples y mapas en varios lugares seguros.
4. Definir responsabilidades de acuerdo con las estrategias y funciones recomendadas por las organizaciones de nivel más alto.
5. Realizar análisis de vulnerabilidad.
6. Establecer áreas prioritarias según las condiciones locales cuando la capacidad está afectada, por ejemplo, centros de atención a la salud, albergues, asentamientos temporales y áreas densamente pobladas.
7. Coordinar las comunicaciones, establecer contacto con los centros de operación de emergencia seleccionados, e identificar un centro alternativo.
8. Centralizar y proteger fuentes de información e investigación, clasificarla, seleccionarla, manejar requerimientos y orden operativo.

A continuación se detallan las acciones a realizar por cada uno de los sectores o servicios que constituyen el COEM (Centro de Operación de Emergencias Municipal). En la sección siguiente (Sección 4) se presenta la misma información en forma sintética y en una planilla por sector o servicio, donde se detalla las acciones a realizar para las distintas etapas (antes, durante y después).

## **SECTOR COORDINACIÓN Y LOGÍSTICA**

La coordinación de todos los servicios requiere la coordinación del Presidente del COEM y un Jefe de Operaciones, nombrado por el mismo. Las tareas a realizar son:

- Convocar la Junta de Defensa Civil y activar el COEM.
- Activar el Plan de Contingencia, si no se ha hecho antes ante la alerta temprana.
- Si no se ha realizado antes, identificar los recursos humanos disponibles para la organización y designar los miembros del comité de emergencia (incluidos los voluntarios y el personal auxiliar). Definir



## *Manual de Procedimientos ante Caída de Cenizas Volcánicas*



- responsabilidades de acuerdo con las estrategias de la división en servicios y funciones de cada uno. En este manual se presenta un esquema que ha sido utilizado en otras localidades ante un evento semejante.
- Coordinar las comunicaciones entre los miembros del COEM (ver anexo D).
  - Establecer lugar para el COEM y destinar y/o gestionar los recursos necesarios para que el mismo pueda funcionar de manera eficiente durante una emergencia.
  - Ordenar activación del sistema de alarma, según el plan de contingencia de la localidad.
  - Mantener actualizado el inventario de recursos: (vehículos oficiales, maquinarias, equipos, personal, etc.).
  - Solicitar asesoramiento de las comisiones especiales y de los organismos provinciales y nacionales sobre el estado de situación de la actividad volcánica y los posibles efectos.
  - En lo posible, conformar un comité técnico, integrado por especialistas o personal que se encargue de contactar a profesionales en volcanología y meteorología, y obtener información del volcán y vientos periódicamente.
  - Crear formatos estandarizados para los informes y la presentación de información (mapas, cuadros de situación, tabla de recursos, cuadro de acciones, etc.)
  - Solicitar periódicamente el análisis e informes sobre el estado de calidad de aire y agua, así como análisis químicos y físicos de las cenizas depositadas (ver Sección 7). Transmitir esta información al Sector Comunicaciones (para su divulgación) y al Sector Salud. En general el monitoreo diario se realiza a través de Salud Ambiental de la provincia para el estado del agua y el muestreo de aguas está a cargo de las cooperativas de servicios. El monitoreo de calidad de aire puede realizarse a través de la Secretaría de Medio Ambiente de la Nación que cuenta con el equipamiento necesario.
  - Recolectar información de los diferentes servicios y analizar la situación en mapas de riesgo.
  - Llevar un registro de las necesidades y suministros entregados.
  - Realizar informes periódicos del estado de situación y comunicarlo a demás miembros del COEM y a autoridades superiores a nivel provincial y nacional.
  - Informar al servicio de alarma y comunicaciones para su difusión en los medios (ver Sección 10 y Anexo A y E).
  - Coordinar la administración de recursos de equipos y bienes inmuebles disponibles (ej. galpones para acopio).
  - Coordinar con SENASA e INTA para dar información y ayuda a los productores agropecuarios. Enviar recursos Humanos para garantizar diagnóstico, monitoreo y tratamiento de la sanidad animal en situación extraordinaria.
  - Fortalecer o crear el Comité de Crisis Rural y dar especial apoyo a las organizaciones de productores y agrupaciones aborígenes.
  - Garantizar recursos para extensión, difusión masiva de la emergencia y material de divulgación para la sociedad.
  - Tomar decisiones de carácter administrativo respecto al manejo de la emergencia.
  - Revisar Plan de Evacuación, para el caso que sea necesario (casas en peligro de derrumbe, familias que viven cerca de cauces de agua que provienen de zonas altas, etc.).

### **SECTOR ALARMA Y COMUNICACIONES**

En caso de emergencia, el COEM es responsable de coordinar la divulgación de la información pertinente. Es esencial que el COEM disponga de un vocero oficial quien se responsabilice de la divulgación a los medios y al público durante la emergencia. La prioridad es hacer llegar a la población que está expuesta al riesgo, información e instrucciones precisas, coherentes y útiles, para lograr reducir las probabilidades de rumores y desinformación.

En general, el encargado de transmitir la información será el Jefe del Servicio de Alarma y Comunicaciones, quien recibirá los datos del estado de situación de los distintos servicios a través del COEM (salvamento y rescate, asistencia social, salud, etc.) y los enviará a los medios de comunicación.

A fin de asegurar la calidad y confiabilidad de la comunicación, es importante que se emitan boletines de prensa regularmente, cuyo contenido deberá ser cuidadosamente considerado antes de ser emitido. En general se recomienda seleccionar una única vía de comunicación oficial donde se canalice toda la información a la comunidad. Preferentemente esta debería ser una radio local (FM) que cuente con equipo electrógeno. Algunas recomendaciones para la formulación de los boletines de prensa son sugeridas en la Sección 10.

La coordinación de todos los componentes del sector requiere la coordinación por la autoridad que considere el Presidente del COEM. El jefe del Servicio, debe coordinar las comunicaciones para dar respuesta a la comunidad. En este sentido debe:

- Coordinar la difusión de la alarma por los medios de comunicación y difundir el plan de contingencia.
- Informar a la población sobre el medio de comunicación oficial donde se darán los informes periódicos del estado de situación en caso de emergencia.
- Activar el mecanismo de alarma (sirena de bombero, policía, campana de iglesia, etc.) si se tiene el aviso del evento.
- Habilitar una Sala de Prensa en el Centro de Operaciones de Emergencias. Brindar información sobre las acciones de respuesta presentes y futuras. Mantener la confianza pública mediante una propuesta rápida y positiva a los cuestionamientos. Proporcionar información veraz para eliminar rumores y reducir la incertidumbre. Es importante tener bien informada a la población para que no afecte el nivel de respuesta.
- Elaborar y coordinar la producción y emisión de comunicados de prensa, basados en la información procesada y las decisiones tomadas por el COEM. Difundir las medidas autoprotección ciudadana (ver Anexo A).
- Es importante actualizar y gestionar inventarios de los recursos disponibles, y producir los formatos previos de los boletines de prensa.
- Capacitar a los medios de comunicación masivos sobre los posibles efectos de la caída de cenizas (ver Sección 10 y Anexo A).
- Hacer un seguimiento de la información divulgada por los medios.
- Coordinar la comunicación por VHF/HF entre el responsable del servicio y los medios de comunicación oficiales (es de esperar que haya interrupción del servicio de telefonía móvil).
- Realizar el chequeo de equipos electrógenos para mantener la radio informando siempre.

### SECTOR ORDEN PÚBLICO

La coordinación de todos los componentes del sector requiere de un Comité Asesor Permanente integrado por la máxima autoridad de Policía, Ejército, Gendarmería y Prefectura (en caso que estén presentes en el área) y coordinado por la autoridad que considere el Presidente del COEM. El jefe del Servicio, junto al Comité Asesor Permanente, debe proporcionar asesoramiento, coordinar las operaciones y dar la respuesta en casos de emergencias. En este sentido debe:

- Coordinar el apoyo logístico estratégico para las operaciones a su cargo, preparando el personal de apoyo y voluntarios que son requeridos durante la emergencia.
- Coordinar y ejecutar las operaciones de seguridad ciudadana y control frente a la emergencia.



- Coordinar planes de control de tránsito, teniendo en cuenta la peligrosidad durante y después de las caídas de cenizas.
- Colaborar con los equipos de búsqueda y rescate para brindar una pronta respuesta a la comunidad.
- Coordinar operaciones destinadas a garantizar el normal desarrollo del tránsito y la circulación.
- Ofrecer las condiciones de seguridad necesarias a los sitios clave de respuesta tales como sede del COEM, centros de acopio, almacenamiento y distribución de ayudas.
- En caso de evacuación, el cuidado de las viviendas estará a cargo de los integrantes del sector.
- Brindar seguridad a los albergues temporales.
- En caso de evacuación realizar el traslado de personas que no cuenten con movilidad propia.
- Colaborar con la asistencia humanitaria a las personas evacuadas.

### SECTOR SALVAMENTO Y RESCATE

La coordinación de todos los componentes del sector requiere de un Comité Asesor Permanente integrado por la máxima autoridad de Bomberos, Defensa Civil, Ejército, Gendarmería y Prefectura (en caso que estén presentes en el área) y coordinado por la autoridad que considere el Presidente del COEM. El jefe del Servicio, junto al Comité Asesor Permanente, debe proporcionar asesoramiento, coordinar las operaciones y dar la respuesta en casos de emergencias. En este sentido debe:

- Coordinar y ejecutar las tareas de búsqueda, rescate y primeros auxilios.
- Coordinar con el servicio de asistencia sanitaria el traslado de las personas afectadas a centros asistenciales.
- Llevar el registro de personas y centros asistenciales a los que fueron trasladadas.
- Colaborar con el servicio de ingeniería y rehabilitación en la evaluación y estabilización de estructuras dañadas.
- Colaborar con las tareas de entrega de agua potable para la población, y forraje para el ganado.
- Colaborar con las tareas de traslado de ganado hacia zonas seguras.
- Colaborar con las tareas de retiro y sepultura de animales muertos.

### SECTOR ASISTENCIA SANITARIA

La coordinación de todos los componentes del sector salud -públicos y privados- requiere de un Comité Asesor Permanente integrado de manera multidisciplinaria, y coordinado por la máxima autoridad administrativa del sistema de salud, el cual debe articularse con el Comité Operativo de Emergencias Municipal (COEM) como Jefe del Servicio Sanitario. El COEM es la instancia permanente de coordinación con las instituciones públicas, privadas y organismos no gubernamentales que trabajan en la prevención y atención de desastres. Este mecanismo de coordinación, dirección y decisión, integra el potencial institucional en el nivel local y deben estar en permanente contacto con los COEM regionales y el COE provincial.

El jefe del Servicio, junto al Comité Asesor Permanente, debe proporcionar asesoramiento, coordinar las operaciones en nombre de las autoridades del sector salud (Ministerio de Salud), y respaldar la respuesta sanitaria en casos de emergencias de gran escala. En este sentido debe:

- Movilizar la respuesta sanitaria, activando el Plan de Contingencia Sanitario previamente diseñado.
- Garantizar la instalación y correcto funcionamiento de salas de situación en los diferentes niveles de atención de salud, y asegurar el flujo de información entre ellas y el Comité Asesor.

- Evaluar daños y necesidades. Identificar los posibles escenarios de salud enumerando todos los fenómenos posibles y las probables necesidades de salud generadas por estos escenarios.
- Organizar personal necesario para la emergencia. Durante el proceso eruptivo de un volcán es importante que las instituciones, públicas y privadas, que trabajan en el campo sanitario coordinen acciones para no duplicar esfuerzos, funciones y optimizar recursos. Por otro lado, instruir al personal de guardia y/o médicos rurales sobre las patologías más frecuentes que se ven agravadas con la presencia de ceniza en el ambiente (ver Sección 6).
- Coordinar y gestionar la ayuda humanitaria, relacionada con aspectos de salud.
- Verificar la capacidad de recepción de pacientes en centros asistenciales. Evaluar los recursos disponibles para atender la emergencia en el área de su responsabilidad.
- Realizar un inventario y control permanente de artículos esenciales que podrían ser requeridos. Los mismos son:
  - Para problemas respiratorios: broncodilatadores, corticoides inhalatorios, hidrocortisona endovenosa para casos agudos.
  - Para problemas dermatológicos: cremas hidratantes, crema o tópicos con corticoides.
  - Para problemas oftalmológicos: anteojos-antiparras, colirios no vasos constrictores, lágrima artificial.
  - Para problemas generales: mascarillas, ansiolíticos, antihistamínicos, sueros y antiparras protectoras para los ojos.
- Evacuar enfermos que necesiten atención médica hacia centros hospitalarios especializados.
- Atender las necesidades de salud en zonas aisladas y albergues temporales (en caso de evacuación).
- Coordinar con organismos especializados en asistencia psicológica para la ayuda psico-emocional de personas afectadas.
- Establecer puestos de atención psico-social en albergues, centros comunitarios e instalaciones de salud.
- Colaborar en las tareas de información a la comunidad. Es importante que un médico informe e indique a la población sobre este tema.
- Chequear equipo/s eléctrico/s. Es posible que haya cortes de energía debido a que la ceniza es muy conductora, especialmente si está húmeda, y genera cortocircuitos en la transmisión de electricidad. Por lo tanto es necesario controlar el perfecto funcionamiento del equipo eléctrico.
- Proceder al sellado de aberturas con el objeto de lograr la mayor hermeticidad posible para evitar el ingreso de cenizas al establecimiento y mantener las medidas de higiene dentro del ámbito hospitalario.
- Llevar un registro de las personas atendidas y las afecciones.
- Realizar periódicamente informes para las autoridades pertinentes.
- Contar con informes periódicos sobre los análisis de calidad de aire y agua.

### SECTOR ASISTENCIA SOCIAL

La coordinación de todos los componentes del sector requiere de un Comité Asesor Permanente integrado por representantes de la Municipalidad, Bomberos, Defensa Civil, Ejército, Gendarmería y Prefectura (en caso que estén presentes en el área) y coordinado por la autoridad que considere el Presidente del COEM. La coordinación debe articularse junto al SENASA, INTA y las asociaciones agropecuarias locales, en lo que respecta a la ayuda a ganaderos y trabajadores del campo. El jefe del Servicio, junto al Comité Asesor Permanente, debe proporcionar asesoramiento, coordinar las operaciones y dar la respuesta en casos de emergencias. En este sentido debe:

- Realizar abastecimiento de agua potable, víveres y forraje incluyendo las áreas rurales o zonas alejadas.
- Realizar abastecimiento de chapas para techos a las viviendas afectadas.

- Distribución de barbijos en escuelas y lugares de trabajo.
- Coordinar con entidades de apoyo, voluntarios y ONGs.
- Proveer atención médica, alimentación e higiene en los albergues.
- Organizar la logística necesaria para la recepción, entrega y administración de suministros y donaciones.
- Es importante hacer una encuesta por casa para tener censada la información necesaria durante la emergencia (ver modelo tomado del Municipio de Villa La Angostura, Anexo B).
- En la Sección 8 se brinda una serie de recomendaciones para el sector agropecuario.
- Dar aviso a los propietarios de los campos y zonas rurales, de la cantidad de ceniza caída que se estima, y brindar el mayor apoyo económico en cuanto a transporte y alimentación para el ganado.
- Dar especial apoyo a las organizaciones de productores y agrupaciones aborígenes (mapuches, etc.) por medio del Comité de Crisis Rural.
- Se deberían realizar gestiones para la flexibilización de los requerimientos para la venta y transporte de animales.
- Enviar recursos forrajeros (heno, grano, pellets) previa consulta a las organizaciones pecuarias.
- Enviar recursos para garantizar la infraestructura necesaria para el almacenamiento y suministro de alimento (cobertizos, galpones, bebederos, comederos, etc.).
- Enviar recursos para garantizar la calidad de agua (tejido geotextil, caños de pvc, mangueras, accesorios, cercos para aguadas, etc.).

### SECTOR TRANSPORTE

La coordinación de todos los componentes del sector requiere de un Comité Asesor Permanente integrado por representantes de la Municipalidad, Bomberos, Defensa Civil, Ejército, Gendarmería y Prefectura (en caso que estén presentes en el área) y coordinado por la autoridad que considere el Presidente del COEM. El jefe del Servicio, junto al Comité Asesor Permanente, debe proporcionar asesoramiento, coordinar las operaciones y dar la respuesta en casos de emergencias. En este sentido debe:

- Coordinar con asistencia social el suministro de agua y víveres para la población y para el ganado en áreas afectadas.
- Realizar transporte de víveres a los centros de acopio.
- Coordinar con ingeniería y rehabilitación el traslado de materiales necesarios para las tareas de dicho sector.
- Coordinar con salvamento y rescate los vehículos necesarios para colaborar con las tareas de respuesta inmediata a los afectados por la emergencia.
- Realizar, en caso de evacuación, el traslado de personas y sus pertenencias a los centros designados.
- Coordinar con asistencia sanitaria, de ser requerido, el traslado de enfermos a centros asistenciales.

### SECTOR INGENIERÍA Y REHABILITACIÓN

El principal servicio será el de Ingeniería y rehabilitación cuya función será la de evaluación de daños y restauración de los servicios en el menor tiempo posible. En este sentido, coordinará con los responsables de las distintas cooperativas para la pronta respuesta y coordinará con orden público lo relacionado a la seguridad vial. También estará a cargo de las tareas de limpieza esenciales para mantener las condiciones de habitabilidad.

Es importante remarcar a la población las cuestiones de seguridad durante el evento de caída, distribuyendo y concientizando sobre las medidas a tomar, ya que la removilización de cenizas por el tránsito puede ser dañino y obstaculizar las tareas de limpieza.

La coordinación de todos los componentes del sector requiere de un Comité Asesor Permanente integrado por representantes de la Municipalidad, Bomberos, Defensa Civil, Cooperativas de Servicios, etc. y coordinado por la autoridad que considere el Presidente del COEM. El jefe del Servicio, junto al Comité Asesor Permanente, debe proporcionar asesoramiento, coordinar las operaciones y dar la respuesta en casos de emergencias. En este sentido debe:

- Realizar la revisión y valoración de daños en infraestructura y efectuar el análisis de vulnerabilidad de la ciudad y de los habitantes (tener en cuenta Sección 9). Este estudio incluye:
  - centros de salud, escuelas, centros de evacuación,
  - acueductos, alcantarillados,
  - viviendas en riesgo
- Hacer estudios de evaluación y zonificación de la amenaza e identificación de zonas vulnerables (por caída de techos, inundaciones por problemas de alcantarillado, etc.).
- Hacer un inventario del equipo disponible y suministros necesarios.
- Gestionar equipamiento necesario para la realización de las tareas a su cargo.
- Colaborar con los pobladores que han sufrido colapso de techos o estructuras.
- Colaborar con la remoción de autos accidentados o enterrados.
- Realizar la limpieza de techos de grandes estructuras y colaborar en la limpieza de techos de viviendas donde los propietarios no puedan hacerlo. Es necesario que estos grupos utilicen seguridad con cuerdas (bomberos, rescatistas, etc.)
- Disponer de los medios necesarios para mantener operables y señalizadas las rutas y principales arterias de la ciudad.
- Coordinar con las cooperativas prestadoras de servicios para la revisión y rehabilitación de los mismos (agua, luz y gas). Colaborar (especialmente Bomberos) con la empresa o cooperativa de energía en la limpieza de transformadores y aisladores (ver Sección 9.4)
- Garantizar el correcto funcionamiento de los servicios básico en centros prioritarios (hospitales, escuelas y medios de comunicación).
- Tomar las medidas necesarias para disminuir el impacto, realizando cierre del sistema de alcantarillado (por ejemplo con nylon u otro elemento), limpieza periódica de áreas urbanas y el traslado de las cenizas a los sitios de depositación (ver Sección 9).
- Tomar las medidas necesarias para disminuir el impacto que puedan causar los ríos y arroyos de gran caudal. Si es una zona donde las cabeceras están cerca y hay una pendiente importante, es posible que se generen aluviones o lahares, debido a la gran cantidad de cenizas que se incorporan al agua (ver Sección 5). Si estamos en una zona boscosa, mantener libre de troncos los cauces.
- Colaborar, de ser necesario en la región, con el corte de árboles.
- El evento puede generar (en zonas cercanas al volcán) un cambio absoluto e irreversible de la geografía (elevación de la cota) con material poco permeable que genera escorrentías de agua ante lluvias. Debe tenerse en cuenta la realización de obras ante la nueva situación.
- Mantener los vehículos oficiales haciéndole un servicio diario de limpieza de filtros, tomas de aire, etc. (ver Sección 9)
- Identificar y acondicionar los sitios de depositación de las cenizas (ver Sección 11).

En el momento que merma la caída de cenizas, comenzar con las tareas de limpieza de la ciudad. Aquí algunas recomendaciones extraídas de la Sección 10:

## *Manual de Procedimientos ante Caída de Cenizas Volcánicas*

- \* La limpieza, transporte, y la deposición de la ceniza volcánica son trabajos sucios, costosos y demandan mucho tiempo. La acción coordinada de la población y las organizaciones involucradas, reducen considerablemente los costos y el tiempo que toma quitar la mayor parte de la ceniza.
- \* El tiempo y el esfuerzo requerido para remover y eliminar la ceniza dependen del espesor y extensión areal de los depósitos, y de la disponibilidad de maquinaria. Las operaciones de limpieza pueden tomar semanas a meses para completarse.
- \* Varios factores pueden retrasar el tiempo requerido para quitar la ceniza, y deben ser tenidos en cuenta con previo aviso, para lograr calma y consideración de la situación por parte de la comunidad, y para no frustrar los esfuerzos del personal afectado a los trabajos de limpieza. Los factores a considerar son:
  - *La caída de ceniza adicional antes de que las operaciones de limpieza hayan sido completadas.*
  - *El viento, puede extender nuevamente partículas de ceniza sobre áreas previamente limpiadas, exponiendo al personal de limpieza (y comunidad) a más ceniza aerotransportada, y a la maquinaria y equipos a un mayor desgaste o daño.*
  - *La lluvia, puede ayudar a lavar la ceniza de techos y demás superficies, pero también genera obstrucción y daños en desagotes, cortocircuitos en sistemas de distribución de energía, acumulación de ceniza en áreas deprimidas, y obstrucción del alcantarillado, red de agua pluvial y sistemas de cloacas. También erosiona las calles, drenajes y socava las bases de las edificaciones.*
  - *Los depósitos de ceniza empapados pueden endurecerse dificultando el proceso de limpieza.*
  - *Siempre evitar que las tareas acometidas resulten en factor potenciador o disparador de riesgos indirectos.*

\* Los operadores de las tareas de limpieza siempre deben usar máscaras protectoras (respiradores y no barbijos). En medios donde hay cenizas finas, deben usar antiparras o lentes correctivos en vez de lentes de contacto para protegerse de una irritación ocular. Se deben rociar con agua los depósitos de cenizas antes de utilizar las palas para quitarlas, pero no use mucha cantidad de agua, solo rociar para evitar que se levante la ceniza más fina.

\* Organizar cuadrillas de limpieza comunal (se puede abrir un registro de voluntarios en el municipio), teniendo en cuenta dos aspectos:

- (a) *recolectar las cenizas, producto de la limpieza de cada vivienda y que los vecinos depositaron en las veredas (en bolsas de nylon) y*
- (b) *quitar las cenizas de las calles. Es importante coordinar con los vecinos Jornadas de Limpieza donde todos realizan las limpiezas de sus casas (de adentro hacia fuera) y el municipio el de las calles.*

\* Destinar camión/es para retirar las bolsas, avisando previamente a los vecinos el horario en que se pasará a recolectar las bolsas. Las mismas deben ser de nylon reforzado y pequeñas para evitar que la maniobra de recolección no se dificulte, por roturas o pérdidas de material. Es importante solicitar a la gente que no la mezcle con la basura común.

\* Previendo que la caída de cenizas pueda ser importante (en espesor) es conveniente tener organizado cuadrillas de limpieza de techos barreales o por manzana. Estas deberán estar coordinadas por uno o dos propietarios, que reunirán a los vecinos y organizarán las tareas comunitarias.

\* Es importante organizar a la comunidad de esta forma, incluso en caso de necesidad de distribuir agua, víveres y/o elementos para la supervivencia (barbijos, medicamentos, etc.).

\* En caso de necesitar evacuar a la población más vulnerable, es importante que quede un grupo de personas por manzana.



## *Manual de Procedimientos ante Caída de Cenizas Volcánicas*



\* Respecto a la limpieza de calles y rutas, estas pueden ser de asfalto o tierra/ripió, y según el caso la tarea será distinta:

- Si las calles son de **asfalto**, es importante rociar previamente con agua para aplacar que se levante la ceniza muy fina (muy poca agua, de lo contrario se pegará en el piso como cemento). Se podrá barrer con escobillones formando una serie de montículos cada una serie de metros, según la cantidad de material. Luego con un camión (preparado con una lona para que en el trayecto al lugar de depositación no se vuele) ir cargando a pala las cenizas. Lo ideal es contar con mini-cargadores con cuchilla frontal para facilitar la tarea, o lo que resulta mucho mejor, un camión des-obstructor, que por medio de una manga se aspira el material en seco. No es conveniente usar camiones barredores, debido a que el mismo levanta mucha polvareda, según la experiencia en la localidad de Esquel.
- Si las calles o rutas son de **tierra o ripio**, se deberá pasar una motoniveladora, tratando de profundizar más de lo normal y mezclar el material con la tierra. Siempre es mejor pasar antes un camión regador para que la maniobra no levante tanta ceniza fina.

\* Es importante que a los camiones y máquinas (minicargadoras, motoniveladora, etc.) se les realice el mantenimiento diario de filtros (sopleteado) y cambio de aceite y filtros semanalmente, para evitar la pérdida de los mismos con el tiempo.

\* Otras de las tareas que se deberán realizar en los edificios públicos (dependencias municipales, escuelas, hospitales, etc.) es tapar las entradas de aire de ventilaciones y sistemas de calefacción, retirar las canaletas para evitar que el peso de las cenizas con el agua las rompa y se obstruyan los desagües pluviales.



## **(C) RECUPERACIÓN (DESPUÉS DEL EVENTO)**

Esta etapa involucra el período en el que se restablece el normal desarrollo de las actividades de la comunidad. Las principales tareas están referidas a brindar apoyo social y económico a los damnificados, a la rehabilitación de los servicios, a evaluar del impacto socio-económico del evento, y a evaluar la respuesta integrada del COEM. Realizar la evaluación permanente de los riesgos indirectos (lahares, contaminación de aguas, etc.) y tener siempre informada a la comunidad.

A continuación se detallan las acciones a realizar por cada uno de los servicios que constituyen el COEM. En la sección siguiente (Sección 4) se presenta la misma información en forma sintética y en una planilla por sector o servicio, donde se detallan las acciones a realizar para las distintas etapas (antes, durante y después).

### **SECTOR COORDINACIÓN Y LOGÍSTICA**

- Gestionar y proveer los recursos necesarios para la atención del desastre y el proceso de rehabilitación y reconstrucción.

Entre las recomendaciones técnicas se sugiere:

- Acompañar medidas de venta de ganado de las categorías prescindibles y el desplazamiento de animales a otras áreas en la medida que se cuente con medios adecuados. Gestionar políticas de incentivos para lograr que el productor se anime a correr el riesgo de desprenderse de su capital (hacienda) para garantizar la supervivencia de las categorías seleccionadas (vientres), no solo se debe contar con forrajes adecuados en cuanto a calidad nutritiva, sino también con infraestructura para su almacenamiento y suministro. Actualmente se cuenta con tecnología apropiada para ello, como por ejemplo granos o pellets de alfalfa que ocupan menos volumen que los fardos y la posibilidad de utilizar cobertizos.
- Tomar decisiones de orden jurídico y financiero en relación con las situaciones generadas por el evento.
- Informar del impacto del evento a demás autoridades, y a la población
- Evaluar la respuesta integrada de los diferentes servicios.

### **SECTOR ALARMA Y COMUNICACIONES**

- Luego de superada la emergencia, deben emitirse comunicados en los que se informe sobre los daños producidos en la comunidad, y los avances en las tareas de rehabilitación de servicios, limpieza y controles de calidad de aire y agua, que propicien el rápido retorno a las condiciones normales.
- Continuar con la difusión de mensajes sobre el cuidado de la salud y recuperación psicosocial.
- Recopilar lecciones aprendidas y diseñar soluciones para el futuro.

### **SECTOR ORDEN PÚBLICO**

- Apoyar el retorno de las personas evacuadas en cuanto sea posible, de forma ordenada.

### **SECTOR SALVAMIENTO Y RESCATE**

- Colaborar con las tareas para el retorno de las personas evacuadas.



- Colaborar con las tareas de retiro y sepultura de animales muertos.

### **SECTOR ASISTENCIA SANITARIA**

- Continuar con el registro de las personas y sus afecciones, a fin de evaluar los daños producidos por el evento volcánico.
- Mantenerse informado sobre análisis de calidad de agua y aire (ver Sección 7)
- Promover la participación ciudadana en los diferentes procesos de atención y recuperación post-evento.
- Proveer asistencia psicológica a la población.

### **SECTOR ASISTENCIA SOCIAL**

- Presentar al COEM informe de magnitud del impacto y tareas realizadas.
- Continuar con las tareas de asistencia social a los damnificados (abastecimiento de agua, víveres, etc.).

### **SECTOR TRANSPORTE**

- Coordinar con Ingeniería y rehabilitación las tareas necesarias para el retorno a las condiciones normales.
- Coordinar con asistencia social los vehículos necesarios para el retorno de las personas evacuadas.
- Coordinar con salvamento y rescate el retorno de animales evacuados y el retiro de los animales muertos.

### **SECTOR INGENIERÍA Y REHABILITACIÓN**

- Realizar reporte de daños
- Realizar programas de rehabilitación de las zonas afectadas (ver Sección 9).
- Limpieza de área urbana y traslado de las cenizas a los sitios designados según plan de contingencia.



## 4.- MEDIDAS DE ACCIÓN POR SERVICIO

### COORDINACIÓN Y LOGISTICA

#### PREVENCIÓN (ANTES DEL EVENTO)

- Convocar la Junta de Defensa Civil y activar el COEM si la situación de alerta lo requiere.
- Identificar los recursos humanos disponibles para la organización y designar los miembros del comité de emergencia (incluidos los voluntarios y el personal auxiliar).
- Definir responsabilidades de acuerdo con las estrategias de la división en servicios y funciones de cada uno. En este manual se presenta un esquema que ha sido utilizado en otras localidades ante un evento semejante.
- Activar el Plan de Contingencia, en caso que lo hubiera.
- Establecer y mantener vínculos de coordinación y de comunicación con los organismos públicos pertinentes, responsables de las medidas de socorro y formalizar acuerdos antes de que ocurra el posible evento.
- Mantener actualizado el inventario de recursos: (vehículos oficiales, maquinarias, equipos, personal, etc.).
- Solicitar asesoramiento de las comisiones especiales y de los organismos provinciales y nacionales sobre el estado de situación de la actividad volcánica y los posibles efectos. De ser posible organizar un comité técnico con especialistas en volcanología y meteorología.
- Coordinar las comunicaciones entre los miembros del COEM (ver anexo D).
- Establecer lugar para el COEM en caso de requerir convocarlo ante el desencadenamiento del evento volcánico.
- Gestionar los recursos necesarios para que el COEM pueda funcionar de manera eficiente durante una emergencia.
- Promover la capacitación y el entrenamiento del personal que interviene en la emergencia.
- Crear formatos estandarizados para los informes y la presentación de información (mapas, cuadros de situación, tabla de recursos, cuadro de acciones, etc.)
- Tener identificada la zona donde se depositarán las cenizas que se junten por la limpieza del área urbana (ver Sección 11).
- Informar a SENASA, INTA para dar aviso a los productores agropecuarios.
- Contactar a las instituciones u organismos responsables del monitoreo de calidad de aire y calidad de agua, así como quien realice el análisis químico y físico de las cenizas que se depositen. El monitoreo se realiza a través de Salud Ambiental de la provincia; para el estado del agua y el muestreo de aguas está a cargo de las cooperativas de servicios. El monitoreo de calidad de aire puede realizarse a través de la Secretaría de Medio Ambiente de la Nación que cuenta con el equipamiento necesario.

#### RESPUESTA (DURANTE EL EVENTO)

- Convocar la Junta de Defensa Civil y activar el COEM.
- Activar el Plan de Contingencia, si no se ha hecho antes ante la alerta temprana.
- Si no se ha realizado antes, identificar los recursos humanos disponibles para la organización y designar los miembros del comité de emergencia (incluidos los voluntarios y el personal auxiliar). Definir responsabilidades de acuerdo con las estrategias de la división en servicios y funciones de cada uno. En este manual se presenta un esquema que ha sido utilizado en otras localidades ante un evento semejante.
- Coordinar las comunicaciones entre los miembros del COEM (ver anexo D).
- Establecer lugar para el COEM y destinar y/o gestionar los recursos necesarios para que el mismo pueda funcionar de manera eficiente durante una emergencia.
- Ordenar activación del sistema de alarma, según el plan de contingencia de la localidad.
- Mantener actualizado el inventario de recursos: (vehículos oficiales, maquinarias, equipos, personal, etc.).
- Solicitar asesoramiento de las comisiones especiales y de los organismos provinciales y nacionales sobre el estado de situación de la actividad volcánica y los posibles efectos.
- En lo posible, conformar un comité técnico, integrado por especialistas o personal que se encargue de contactar a profesionales en volcanología y meteorología, y obtener información del volcán y vientos periódicamente.
- Crear formatos estandarizados para los informes y la presentación de información (mapas, cuadros de situación, tabla de recursos, cuadro de acciones, etc.)
- Solicitar periódicamente el análisis e informes sobre el estado de calidad de aire y agua, así como análisis químicos y físicos de las cenizas depositadas (ver Sección 7). Transmitir esta información al Sector



## Manual de Procedimientos ante Caída de Cenizas Volcánicas



Comunicaciones (para su divulgación) y al Sector Salud. En general el monitoreo diario se realiza a través de Salud Ambiental de la provincia para el estado del agua y el muestreo de aguas está a cargo de las cooperativas de servicios. El monitoreo de calidad de aire puede realizarse a través de la Secretaría de Medio Ambiente de la Nación que cuenta con el equipamiento necesario.

- Recolectar información de los diferentes servicios y analizar la situación en mapas de riesgo.
- Llevar un registro de las necesidades y suministros entregados.
- Realizar informes periódicos del estado de situación y comunicarlo a demás miembros del COEM y a autoridades superiores a nivel provincial y nacional.
- Informar al servicio de alarma y comunicaciones para su difusión en los medios (ver Sección 10 y Anexo A y E).
- Coordinar la administración de recursos de equipos y bienes inmuebles disponibles (ej. galpones para acopio).
- Coordinar con SENASA e INTA para dar información y ayuda a los productores agropecuarios. Enviar recursos Humanos para garantizar diagnóstico, monitoreo y tratamiento de la sanidad animal en situación extraordinaria.
- Fortalecer o crear el Comité de Crisis Rural y dar especial apoyo a las organizaciones de productores y agrupaciones aborígenes.
- Garantizar recursos para extensión, difusión masiva de la emergencia y material de divulgación para la sociedad.
- Tomar decisiones de carácter administrativo respecto al manejo de la emergencia.
- Revisar Plan de Evacuación, para el caso que sea necesario (casas en peligro de derrumbe, familias que viven cerca de cauces de agua que provienen de zonas altas, etc.).

### RECUPERACIÓN (DESPUÉS DEL EVENTO)

- Gestionar y proveer los recursos necesarios para la atención del desastre y el proceso de rehabilitación y reconstrucción.

Entre las recomendaciones técnicas se sugiere: la

- Se recomienda acompañar medidas de venta de ganado de las categorías prescindibles y el desplazamiento de animales a otras áreas en la medida que se cuente con medios adecuados. Gestionar políticas de incentivos para lograr que el productor se anime a correr el riesgo de desprenderse de su capital (hacienda) para garantizar la supervivencia de las categorías seleccionadas (vientres), no solo se debe contar con forrajes adecuados en cuanto a calidad nutritiva, sino también con infraestructura para su almacenamiento y suministro. Actualmente se cuenta con tecnología apropiada para ello, como por ejemplo granos o pellets de alfalfa que ocupan menos volumen que los fardos y la posibilidad de utilizar cobertizos.
- Tomar decisiones de orden jurídico y financiero en relación con las situaciones generadas por el evento.
- Informar del impacto del evento a demás autoridades, y a la población
- Evaluar la respuesta integrada de los diferentes servicios.



## ALARMA Y COMUNICACIONES

### **PREVENCIÓN (ANTES DEL EVENTO)**

- Es importante actualizar y gestionar inventarios de los recursos disponibles, y producir los formatos previos de los boletines de prensa.
- Tener en cuenta los problemas eléctricos y contar con un generador portátil y en lo posible equipo VHF/HF.
- Informar a la población sobre el medio de comunicación oficial donde se darán los informes periódicos del estado de situación en caso de emergencia.
- Realizar campañas de difusión a través de los medios de comunicación social sobre las medidas de autoprotección ciudadana (ver Anexo A y D).
- También es recomendable acercarse a los colegios material de divulgación, sobre las principales medidas que debe conocer la población durante una emergencia (ver Anexo A y D).

### **RESPUESTA (DURANTE EL EVENTO)**

- Coordinar la difusión de la alarma por los medios de comunicación y difundir el plan de contingencia.
- Informar a la población sobre el medio de comunicación oficial donde se darán los informes periódicos del estado de situación en caso de emergencia.
- Activar el mecanismo de alarma (sirena de bombero, policía, campana de iglesia, etc.) si se tiene el aviso del evento.
- Habilitar una Sala de Prensa en el Centro de Operaciones de Emergencias. Brindar información sobre las acciones de respuesta presentes y futuras. Mantener la confianza pública mediante una propuesta rápida y positiva a los cuestionamientos. Proporcionar información veraz para eliminar rumores y reducir la incertidumbre.
- Elaborar y coordinar la producción y emisión de comunicados de prensa, basados en la información procesada y las decisiones tomadas por el COEM. Difundir las medidas autoprotección ciudadana (ver Anexo A).
- Es importante actualizar y gestionar inventarios de los recursos disponibles, y producir los formatos previos de los boletines de prensa.
- Capacitar a los medios de comunicación masivos sobre los posibles efectos de la caída de cenizas (ver Sección 10 y Anexo A).
- Hacer un seguimiento de la información divulgada por los medios.
- Coordinar la comunicación por VHF/HF entre el responsable del servicio y los medios de comunicación oficiales (es de esperar que haya interrupción del servicio de telefonía móvil).
- Realizar el chequeo de equipos electrógenos para mantener la radio informando siempre.

### **RECUPERACIÓN (DESPUÉS DEL EVENTO)**

- Luego de superada la emergencia, deben emitirse comunicados en los que se informe sobre los daños producidos en la comunidad, y los avances en las tareas de rehabilitación de servicios, limpieza y controles de calidad de aire y agua, que propicien el rápido retorno a las condiciones normales.
- Continuar con la difusión de mensajes sobre el cuidado de la salud y recuperación psicosocial.
- Recopilar lecciones aprendidas y diseñar soluciones para el futuro.



## *Manual de Procedimientos ante Caída de Cenizas Volcánicas*



### **ORDEN PUBLICO**

#### **PREVENCIÓN (ANTES DEL EVENTO)**

- Planificar en caso de evacuación, las medidas a tomar para garantizar la seguridad de las personas y de los bienes.
- Preparar personal de apoyo y voluntarios que puedan ser requeridos durante la emergencia.
- Preparar planes de control de tránsito.

#### **RESPUESTA (DURANTE EL EVENTO)**

- Coordinar el apoyo logístico estratégico para las operaciones a su cargo, preparando el personal de apoyo y voluntarios que son requeridos durante la emergencia.
- Coordinar y ejecutar las operaciones de seguridad ciudadana y control frente a la emergencia.
- Coordinar planes de control de tránsito, teniendo en cuenta la peligrosidad durante y después de las caídas de cenizas.
- Colaborar con los equipos de búsqueda y rescate para brindar una pronta respuesta a la comunidad.
- Coordinar operaciones destinadas a garantizar el normal desarrollo del tránsito y la circulación.
- Ofrecer las condiciones de seguridad necesarias a los sitios clave de respuesta tales como sede del COEM, centros de acopio, almacenamiento y distribución de ayudas.
- En caso de evacuación, el cuidado de las viviendas estará a cargo de los integrantes del sector.
- Brindar seguridad a los albergues temporales.
- En caso de evacuación realizar el traslado de personas que no cuenten con movilidad propia.
- Colaborar con la asistencia humanitaria a las personas evacuadas.

#### **RECUPERACIÓN (DESPUÉS DEL EVENTO)**

- Apoyar el retorno de las personas evacuadas en cuanto sea posible, de forma ordenada.



# Manual de Procedimientos ante Caída de Cenizas Volcánicas



## SALVAMENTO Y RESCATE

### **PREVENCIÓN (ANTES DEL EVENTO)**

- Preparar personal de apoyo y voluntarios que puedan ser requeridos durante la emergencia.
- Coordinar con los sectores que correspondan la disponibilidad de vehículos y equipamiento para la realización de las tareas.
- Identificar potenciales áreas de evacuación, determinar las rutas a utilizarse y el transporte disponible, trabajando con los otros Servicios.

### **RESPUESTA (DURANTE EL EVENTO)**

- Coordinar y ejecutar las tareas de búsqueda, rescate y primeros auxilios.
- Coordinar con el servicio de asistencia sanitaria el traslado de las personas afectadas a centros asistenciales.
- Llevar el registro de personas y centros asistenciales a los que fueron trasladadas.
- Colaborar con el servicio de ingeniería y rehabilitación en la evaluación y estabilización de estructuras dañadas.
- Colaborar con las tareas de entrega de agua potable para la población, y forraje para el ganado.
- Colaborar con las tareas de traslado de ganado hacia zonas seguras.
- Colaborar con las tareas de retiro y sepultura de animales muertos.

### **RECUPERACIÓN (DESPUÉS DEL EVENTO)**

- Colaborar con las tareas para el retorno de las personas evacuadas.
- Colaborar con las tareas de retiro y sepultura de animales muertos.

## ASISTENCIA SANITARIA

### PREVENCIÓN (ANTES DEL EVENTO)

- Revisar el Plan de Contingencia Sanitario
- Garantizar la instalación y correcto funcionamiento de salas de situación en los diferentes niveles de atención de salud, y asegurar el flujo de información entre ellas y el Comité Asesor.
- Identificar los posibles escenarios de salud de acuerdo con el análisis de los peligros y la vulnerabilidad, enumerando todas las probables necesidades de salud generadas por estos escenarios (ver Sección 6).
- Organizar personal necesario para la emergencia. Durante el proceso eruptivo de un volcán es importante que las Instituciones, públicas y privadas, que trabajan en el campo sanitario coordinen acciones para no duplicar esfuerzos, funciones y optimizar recursos. Por otro lado, instruir al personal de guardia y/o médicos rurales sobre las patologías más frecuentes que se ven agravadas con la presencia de ceniza en el ambiente (ver Sección 6).
- Realizar un inventario de artículos esenciales que podrían ser requeridos. *Los mismos son:*
  - *Para problemas respiratorios: broncodilatadores, corticoides inhalatorios, hidrocortisona endovenosa para casos agudos.*
  - *Para problemas dermatológicos: cremas hidratantes, crema o tópicos con corticoides.*
  - *Para problemas oftalmológicos: anteojos-antiparras, colirios no vasos constrictores, lágrima artificial.*
  - *Para problemas generales: mascarillas, ansiolíticos, antihistamínicos, sueros y antiparras protectoras para los ojos.*
- Conocer con cuantas ambulancias se cuenta para atender emergencias.
- Chequear equipo/s eléctrico/s. Es posible que haya cortes de energía debido a que la ceniza es muy conductora, especialmente si está húmeda, y genera cortocircuitos en la transmisión de electricidad. Por lo tanto es necesario controlar el perfecto funcionamiento del equipo eléctrico.
- Disponer de materiales necesarios para conservar las medidas de higiene (por cenizas) del centro hospitalario. Está relacionado a los elementos que se necesitan para evitar el ingreso de ceniza.
- Contar con organismos especializados en asistencia psicológica para la ayuda psico-emocional de las personas afectadas.
- Capacitar a los y las maestras de los centros educativos de la zona afectada en procesos de apoyo psico-afectivo del niño.
- Orientar a la comunidad sobre el uso adecuado de los servicios de salud, y promover la autoayuda a través de los medios de comunicación (ver Anexos A y D).

### RESPUESTA (DURANTE EL EVENTO)

- Movilizar la respuesta sanitaria, activando el Plan de Contingencia Sanitario previamente diseñado.
- Garantizar la instalación y correcto funcionamiento de salas de situación en los diferentes niveles de atención de salud, y asegurar el flujo de información entre ellas y el Comité Asesor.
- Evaluar daños y necesidades. Identificar los posibles escenarios de salud enumerando todos los fenómenos posibles y las probables necesidades de salud generadas por estos escenarios.
- Organizar personal necesario para la emergencia. Durante el proceso eruptivo de un volcán es importante que las instituciones, públicas y privadas, que trabajan en el campo sanitario coordinen acciones para no duplicar esfuerzos, funciones y optimizar recursos. Por otro lado, instruir al personal de guardia y/o médicos rurales sobre las patologías más frecuentes que se ven agravadas con la presencia de ceniza en el ambiente (ver Sección 6).
- Coordinar y gestionar la ayuda humanitaria, relacionada con aspectos de salud.



## Manual de Procedimientos ante Caída de Cenizas Volcánicas



- Verificar la capacidad de recepción de pacientes en centros asistenciales. Evaluar los recursos disponibles para atender la emergencia en el área de su responsabilidad.
- Realizar un inventario y control permanente de artículos esenciales que podrían ser requeridos. Los mismos son:
  - *Para problemas respiratorios: broncodilatadores, corticoides inhalatorios, hidrocortisona endovenosa para casos agudos.*
  - *Para problemas dermatológicos: cremas hidratantes, crema o tópicos con corticoides.*
  - *Para problemas oftalmológicos: anteojos-antiparras, colirios no vasos constrictores, lágrima artificial.*
  - *Para problemas generales: mascarillas, ansiolíticos, antihistamínicos, sueros y antiparras protectoras para los ojos.*
- Evacuar enfermos que necesiten atención médica hacia centros hospitalarios especializados.
- Atender las necesidades de salud en zonas aisladas y albergues temporales (en caso de evacuación).
- Coordinar con organismos especializados en asistencia psicológica para la ayuda psico-emocional de personas afectadas.
- Establecer puestos de atención psico-social en albergues, centros comunitarios e instalaciones de salud.
- Colaborar en las tareas de información a la comunidad. Es importante que un médico informe e indique a la población sobre este tema.
- Chequear equipo/s eléctrico/s. Es posible que haya cortes de energía debido a que la ceniza es muy conductora, especialmente si está húmeda, y genera cortocircuitos en la transmisión de electricidad. Por lo tanto es necesario controlar el perfecto funcionamiento del equipo eléctrico.
- Proceder al sellado de aberturas con el objeto de lograr la mayor hermeticidad posible para evitar el ingreso de cenizas al establecimiento y mantener las medidas de higiene dentro del ámbito hospitalario.
- Llevar un registro de las personas atendidas y las afecciones.
- Realizar periódicamente informes para las autoridades pertinentes.
- Contar con informes periódicos sobre los análisis de calidad de aire y agua.

### RECUPERACIÓN (DESPUÉS DEL EVENTO)

- Continuar con el registro de las personas y sus afecciones, a fin de evaluar los daños producidos por el evento volcánico.
- Mantenerse informado sobre análisis de calidad de agua y aire (ver Sección 7)
- Promover la participación ciudadana en los diferentes procesos de atención y recuperación post-evento.



## ASISTENCIA SOCIAL

### **PREVENCIÓN (ANTES DEL EVENTO)**

- Preparar programas de asistencia social para emergencias.
- Organizar la comunidad en Juntas Barreales y realizar con ellos las tareas de prevención. Es importante hacer una encuesta por casa para tener censada la información necesaria ante la emergencia (integrantes del grupo familiar, cuantos menores, tipo de construcción, que trabajo tienen, etc.) como la presentada en Anexo B.
- Identificar recursos (personal, voluntarios, transportes, centros de atención y acopio, etc.) disponibles para la atención primaria de áreas afectadas.
- Identificar sitios seguros que sirvan de albergue temporal para personas evacuadas.
- Contar con información actualizada en cuanto a mapas de riesgo y población vulnerable.
- Capacitar y entrenar voluntarios para asistencia social.
- Preparar acuerdos con centros mayoristas locales y regionales que sean necesarios en situación de emergencia.
- Informar sobre las medidas preventivas a los agricultores y/o ganaderos antes de que ocurra el siniestro; se recomienda mantener algún tipo de charla interactiva e informativa, o que se establezca algún medio de difusión como cartillas oficiales para informar a los propietarios. Es muy importante que se sepan con la mayor anticipación posible los peligros y las medidas preventivas para disminuir lo más posible los daños durante el evento de caída (ver Sección 8).
- Prever acopio de forraje para animales.
- Se deberían realizar gestiones para la flexibilización de los requerimientos para la venta y transporte de animales.
- Gestionar recursos para garantizar la infraestructura necesaria para el almacenamiento y suministro de alimento (cobertizos, galpones, bebederos, comederos, etc.).
- Gestionar recursos para garantizar la calidad de agua (tejido geotextil, caños de pvc, mangueras, accesorios, cercos para aguadas, etc.).
- Conformar y/o fortalecer el Comité de Crisis Rural y dar apoyo a las organizaciones de productores y agrupaciones aborígenes (mapuches, etc.).

### **RESPUESTA (DURANTE EL EVENTO)**

- Realizar abastecimiento de agua, víveres y forraje incluyendo las áreas rurales o zonas alejadas.
- Realizar abastecimiento de chapas para techos a las viviendas afectadas.
- Distribución de barbijos en escuelas y lugares de trabajo.
- Coordinar con entidades de apoyo, voluntarios y ONGs.
- Proveer atención médica, alimentación e higiene en los albergues.
- Organizar la logística necesaria para la recepción, entrega y administración de suministros y donaciones.
- Es importante hacer una encuesta por casa para tener censada la información necesaria durante la emergencia (ver modelo tomado del Municipio de Villa La Angostura, Anexo B).
- En la Sección 8 se brinda una serie de recomendaciones para el sector agropecuario.
- Dar aviso a los propietarios de los campos y zonas rurales, de la cantidad de ceniza caída que se estima, y brindar el mayor apoyo económico en cuanto a transporte y alimentación para el ganado.
- Dar especial apoyo a las organizaciones de productores y agrupaciones aborígenes (mapuches, etc.) por medio del Comité de Crisis Rural.
- Se deberían realizar gestiones para la flexibilización de los requerimientos para la venta y transporte de animales.
- Enviar recursos forrajeros (heno, grano, pellets) previa consulta a las organizaciones pecuarias.
- Enviar recursos para garantizar la infraestructura necesaria para el almacenamiento y suministro de alimento (cobertizos, galpones, bebederos, comederos, etc.).
- Enviar recursos para garantizar la calidad de agua (tejido geotextil, caños de pvc, mangueras, accesorios, cercos para aguadas, etc.).

### **RECUPERACIÓN (DESPUÉS DEL EVENTO)**



## *Manual de Procedimientos ante Caída de Cenizas Volcánicas*



- Presentar al COEM informe de magnitud del impacto y tareas realizadas.
- Continuar con las tareas de asistencia social a los damnificados (abastecimiento de agua, víveres, etc.).



## **TRANSPORTE**

### **PREVENCIÓN (ANTES DEL EVENTO)**

- Disponer de los vehículos adecuados para el tipo de transporte requerido:
  - suministro de alimento
  - suministro de agua potable
  - suministro de combustible
  - equipos y maquinaria para limpieza de cenizas de calles y rutas
  - camiones para evacuación de ganado

### **RESPUESTA (DURANTE EL EVENTO)**

- Coordinar con asistencia social el suministro de agua y víveres para la población y para el ganado en áreas afectadas.
- Realizar transporte de víveres a los centros de acopio.
- Coordinar con ingeniería y rehabilitación el traslado de materiales necesarios para las tareas de dicho sector.
- Coordinar con salvamento y rescate los vehículos necesarios para colaborar con las tareas de respuesta inmediata a los afectados por la emergencia.
- Realizar, en caso de evacuación, el traslado de personas y sus pertenencias a los centros designados.
- Coordinar con asistencia sanitaria, de ser requerido, el traslado de enfermos a centros asistenciales.

### **RECUPERACIÓN (DESPUÉS DEL EVENTO)**

- Coordinar con Ingeniería y rehabilitación las tareas necesarias para el retorno a las condiciones normales.
- Coordinar con asistencia social los vehículos necesarios para el retorno de las personas evacuadas.
- Coordinar con salvamento y rescate el retorno de animales evacuados y el retiro de los animales muertos.



## INGENIERÍA Y REHABILITACIÓN

### **PREVENCIÓN (ANTES DEL EVENTO)**

- Hacer un inventario del equipo disponible y suministros necesarios.
- Realizar el análisis de vulnerabilidad de la ciudad y de los habitantes (tener en cuenta Sección 9).
- Tomar las medidas necesarias para disminuir el impacto que puedan causar los ríos y arroyos de gran caudal. Si es una zona donde las cabeceras están cerca y hay una pendiente importante, es posible que se generen aluviones o lahares, debido a la gran cantidad de cenizas que se incorporan al agua (ver Sección 5). Si estamos en una zona boscosa, mantener libre de troncos los cauces.
- Hacer estudios de evaluación y zonificación de la amenaza e identificación de zonas vulnerables (por caída de techos, inundaciones por problemas de alcantarillado, etc.).
- Gestionar equipamiento necesario para la realización de las tareas a su cargo.
- Disponer de los medios necesarios para mantener operables y señalizadas las rutas y principales arterias de la ciudad.
- Revisar posibles rutas alternativas en caso de evacuación.
- Identificar y acondicionar los sitios de depositación de las cenizas.

### **RESPUESTA (DURANTE EL EVENTO)**

- Realizar la revisión y valoración de daños en infraestructura y efectuar el análisis de vulnerabilidad de la ciudad y de los habitantes (tener en cuenta Sección 9). Este estudio incluye:
  - centros de salud, escuelas, centros de evacuación,
  - acueductos, alcantarillados,
  - viviendas en riesgo
- Hacer estudios de evaluación y zonificación de la amenaza e identificación de zonas vulnerables (por caída de techos, inundaciones por problemas de alcantarillado, etc.).
- Hacer un inventario del equipo disponible y suministros necesarios.
- Gestionar equipamiento necesario para la realización de las tareas a su cargo.
- Colaborar con los pobladores que han sufrido colapso de techos o estructuras.
- Colaborar con la remoción de autos accidentados o enterrados.
- Realizar la limpieza de techos de grandes estructuras y colaborar en la limpieza de techos de viviendas donde los propietarios no puedan hacerlo. Es necesario que estos grupos utilicen seguridad con cuerdas (bomberos, rescatistas, etc.)
- Disponer de los medios necesarios para mantener operables y señalizadas las rutas y principales arterias de la ciudad.
- Coordinar con las cooperativas prestadoras de servicios para la revisión y rehabilitación de los mismos (agua, luz y gas). Colaborar (especialmente Bomberos) con la empresa o cooperativa de energía en la limpieza de transformadores y aisladores (limpieza con agua a presión)
- Garantizar el correcto funcionamiento de los servicios básico en centros prioritarios (hospitales, escuelas y medios de comunicación).
- Tomar las medidas necesarias para disminuir el impacto, realizando cierre del sistema de alcantarillado (por ejemplo con nylon u otro elemento), limpieza periódica de áreas urbanas y el traslado de las cenizas a los sitios de depositación (ver Sección 9).
- Tomar las medidas necesarias para disminuir el impacto que puedan causar los ríos y arroyos de gran caudal. Si es una zona donde las cabeceras están cerca y hay una pendiente importante, es posible que se generen aluviones o lahares, debido a la gran cantidad de cenizas que se incorporan al agua (ver Sección 5). Si estamos en una zona boscosa, mantener libre de troncos los cauces.
- Colaborar, de ser necesario en la región, con el corte de árboles.
- Mantener los vehículos oficiales haciéndole un servicio diario de limpieza de filtros, tomas de aire, etc. (ver Sección 9)
- Identificar y acondicionar los sitios de depositación de las cenizas (ver Sección 11).

En el momento que merma la caída de cenizas, comenzar con las tareas de limpieza de la ciudad. Aquí algunas recomendaciones extraídas de la Sección 10:

- \* La limpieza, transporte, y la deposición de la ceniza volcánica son trabajos sucios, costosos y demandan mucho tiempo. La acción coordinada de la población y las organizaciones involucradas, reducen considerablemente los costos y el tiempo que toma quitar la mayor parte de la ceniza.
- \* El tiempo y el esfuerzo requerido para remover y eliminar la ceniza dependen del espesor y extensión areal de los depósitos, y de la disponibilidad de maquinaria. Las operaciones de limpieza pueden tomar semanas a meses para completarse.
- \* Varios factores pueden retrasar el tiempo requerido para quitar la ceniza, y deben ser tenidos en cuenta con previo aviso, para lograr calma y consideración de la situación por parte de la comunidad, y para no frustrar los esfuerzos del personal afectado a los trabajos de limpieza. Los factores a considerar son:
  - *La caída de ceniza adicional antes de que las operaciones de limpieza hayan sido completadas.*
  - *El viento, puede extender nuevamente partículas de ceniza sobre áreas previamente limpiadas, exponiendo al personal de limpieza (y comunidad) a más ceniza aerotransportada, y a la maquinaria y equipos a un mayor desgaste o daño.*
  - *La lluvia, puede ayudar a lavar la ceniza de techos y demás superficies, pero también genera obstrucción y daños en desagotes, cortocircuitos en sistemas de distribución de energía, acumulación de ceniza en áreas deprimidas, y obstrucción del alcantarillado, red de agua pluvial y sistemas de cloacas.*
  - *Los depósitos de ceniza empapados pueden endurecerse dificultando el proceso de limpieza.*

\* Los operadores de las tareas de limpieza siempre deben usar máscaras protectoras (respiradores y no barbijos). En medios donde hay cenizas finas, deben usar antiparras o lentes correctivos en vez de lentes de contacto para protegerse de una irritación ocular. Se deben rociar con agua los depósitos de cenizas antes de utilizar las palas para quitarlas, pero no use mucha cantidad de agua, solo rociar para evitar que se levante la ceniza más fina.

\* Organizar cuadrillas de limpieza comunal (se puede abrir un registro de voluntarios en el municipio), teniendo en cuenta dos aspectos:

- (a) *recolectar las cenizas, producto de la limpieza de cada vivienda y que los vecinos depositaron en las veredas (en bolsas de nylon) y*
- (b) *quitar las cenizas de las calles. Es importante coordinar con los vecinos Jornadas de Limpieza donde todos realizan las limpiezas de sus casas (de adentro hacia fuera) y el municipio el de las calles.*

\* Destinar camión/es para retirar las bolsas, avisando previamente a los vecinos el horario en que se pasará a recolectar las bolsas. Las mismas deben ser de nylon reforzado y pequeñas para evitar que la maniobra de recolección no se dificulte, por roturas o pérdidas de material. Es importante solicitar a la gente que no la mezcle con la basura común.

\* Previendo que la caída de cenizas pueda ser importante (en espesor) es conveniente tener organizado cuadrillas de limpieza de techos barreales o por manzana. Estas deberán estar coordinadas por uno o dos propietarios, que reunirán a los vecinos y organizarán las tareas comunitarias.

\* Es importante organizar a la comunidad de esta forma, incluso en caso de necesidad de distribuir agua, víveres y/o elementos para la supervivencia (barbijos, medicamentos, etc.).

\* En caso de necesitar evacuar a la población más vulnerable, es importante que quede un grupo de personas por manzana.

\* Respecto a la limpieza de calles y rutas, estas pueden ser de asfalto o tierra/ripió, y según el caso la tarea será distinta:

- *Si las calles son de **asfalto**, es importante rociar previamente con agua para aplacar que se levante la ceniza muy fina (muy poco agua, de lo contrario se pegará en el piso como cemento). Se podrá barrer con escobillones formando una serie de montículos cada una serie de metros, según la cantidad de material. Luego con un camión (preparado con una lona para que en el trayecto al lugar de depositación no se vuele) ir cargando a pala las cenizas. Lo ideal es contar con mini-cargadores con cuchilla frontal para facilitar la tarea, o lo que resulta mucho mejor, un camión des-obstructor, que*



## *Manual de Procedimientos ante Caída de Cenizas Volcánicas*

*por medio de una manga se aspira el material en seco. No es conveniente usar camiones barredores, debido a que el mismo levanta mucha polvareda, según la experiencia en la localidad de Esquel.*

- *Si las calles o rutas son de **tierra o ripio**, se deberá pasar una motoniveladora, tratando de profundizar más de lo normal y mezclar el material con la tierra. Siempre es mejor pasar antes un camión regador para que la maniobra no levante tanta ceniza fina.*

\* Es importante que a los camiones y máquinas (minicargadoras, motoniveladora, etc.) se les realice el mantenimiento diario de filtros (sopleteado) y cambio de aceite y filtros semanalmente, para evitar la pérdida de los mismos con el tiempo.

\* Otras de las tareas que se deberán realizar en los edificios públicos (dependencias municipales, escuelas, hospitales, etc.) es tapar las entradas de aire de ventilaciones y sistemas de calefacción, retirar las canaletas para evitar que el peso de las cenizas con el agua las rompa y se obstruyan los desagües pluviales.

### **RECUPERACIÓN (DESPUÉS DEL EVENTO)**

- Realizar reporte de daños
- Realizar programas de rehabilitación de las zonas afectadas (ver Sección 9).
- Limpieza de área urbana y traslado de las cenizas a los sitios designados según plan de contingencia.

## 5.- QUE SABER DE LOS VOLCANES

### 5.1 ¿Dónde y por qué hay volcanes activos?

La cordillera de los Andes, ubicada en la región occidental del territorio argentino, forma parte del denominado Cinturón de fuego del Pacífico. Esta región que se caracteriza por una intensa actividad sísmica y volcánica, es producto del deslizamiento de una placa oceánica (Placas Antártica y Nazca) por debajo de una placa continental (Placa Sudamericana). Este proceso se conoce como “subducción”, la actividad sísmica y volcánica asociada, su generación y distribución en el planeta, se deben a la denominada “tectónica de placas”. A continuación se presenta una breve reseña sobre la composición y estructura interna de la Tierra y el concepto de tectónica de placas que permite entender estos procesos.

Como el acceso directo al interior de la Tierra es muy limitado, la actividad volcánica es considerada una ventana al mismo, pero permite ver sólo los 200 kilómetros más externos del planeta, su “cáscara”. Afortunadamente, se ha aprendido mucho sobre la composición y la estructura de la misma de manera indirecta, por medio de muestras de meteoritos. Mientras que la estructura se ha podido determinar mediante el estudio de ondas sísmicas generadas por los terremotos y explosiones nucleares. Cuando estas ondas atraviesan la Tierra, llevan información a la superficie sobre los materiales que atravesaron.

Gracias a estos métodos, se sabe que la Tierra está dividida en capas concéntricas que se pueden diferenciar por presentar distintas composiciones y/o propiedades mecánicas (figura 1). En cuanto a la composición, las principales capas, de afuera hacia adentro, son: la corteza (compuesta principalmente de óxidos de silicio), el manto (composición principal son óxidos) y el núcleo (consiste en una aleación de hierro y níquel) (figura 1).

A su vez, las capas mecánicas existen porque tanto la presión como la temperatura afectan al comportamiento mecánico (resistencia), así como a la densidad de los materiales. Éstas se clasifican, de afuera hacia adentro, en: Litósfera (que es más superficial se comporta como una capa rígida, y se fractura, como una tiza), Astenósfera (está sometida a mayores presiones y temperaturas que la litósfera y por ende se comporta de manera plástica, como una plastilina, aún teniendo las dos la misma composición); las demás capas son la Mesósfera, Núcleo externo (que es líquido) y Núcleo interno.

Hoy se sabe que esta capa más superficial de la Tierra (la litósfera) está dividida en “piezas” irregulares, similar a un rompecabezas, que se denominan placas (figura 2). Estas placas, de formas y tamaños irregulares, están en continuo movimiento ya que se deslizan sobre la capa ubicada inmediatamente por debajo, la astenósfera, que como se mencionó anteriormente, tiene un comportamiento plástico.

Las placas se mueven como unidades coherentes en relación a las otras placas; y aunque el interior de las placas puede deformarse, son los bordes de las mismas las que se ven más afectadas y deformadas por los movimientos. Las placas se mueven constantemente, con velocidades que rondan varios centímetros por año. Dado el sentido de movimiento entre placas, se pueden definir 3 tipos de bordes (figura 3):

1- Borde Convergente, donde las placas chocan y una se introduce por debajo de la otra. Este movimiento se lo llama subducción.

2- Borde Divergente, donde las placas se separan, provocando el ascenso de material fundido de la Mesosfera o Manto, creando en consecuencia nueva litosfera.

3- Borde Transformante, donde las placas se desplazan lateralmente una respecto de la otra, sin generar ni consumición ni producción de litósfera.

## Manual de Procedimientos ante Caída de Cenizas Volcánicas

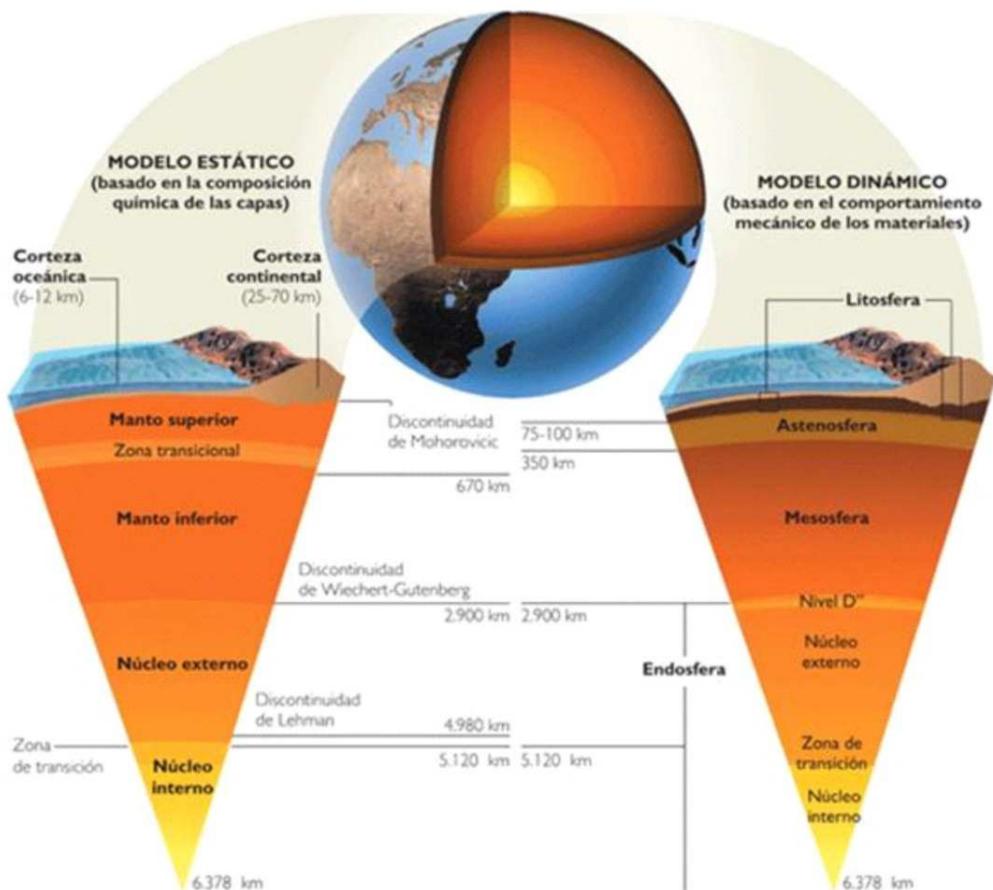


Figura 1: Esquema mostrando las distintas capas de la Tierra, en cuanto a su composición (imagen izquierda) y las capas mecánicas(imagen derecha). (Tomada de <http://ciencias.us/>)

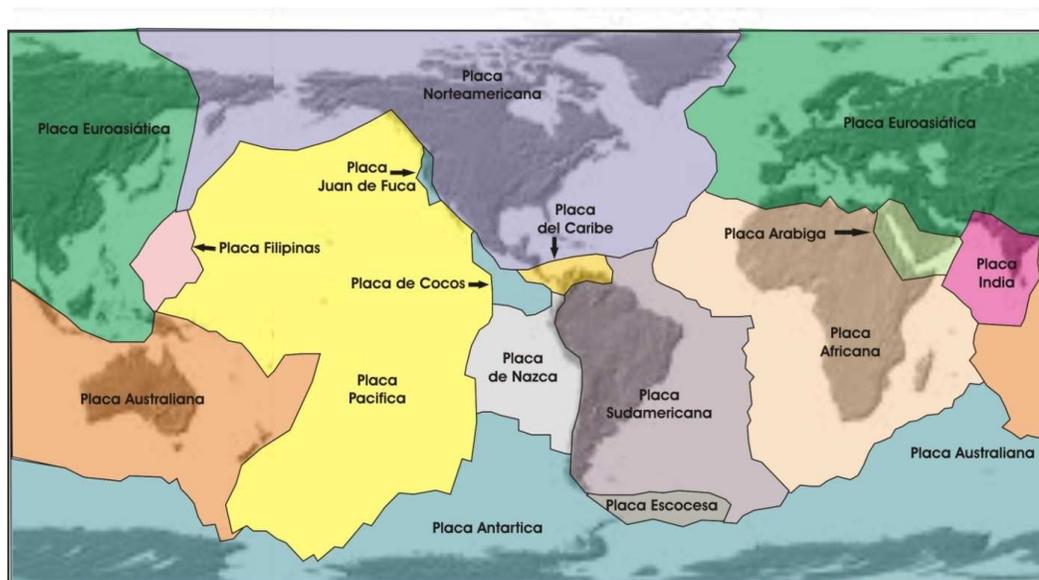


Figura 2: División de la superficie de la Tierra en placas.

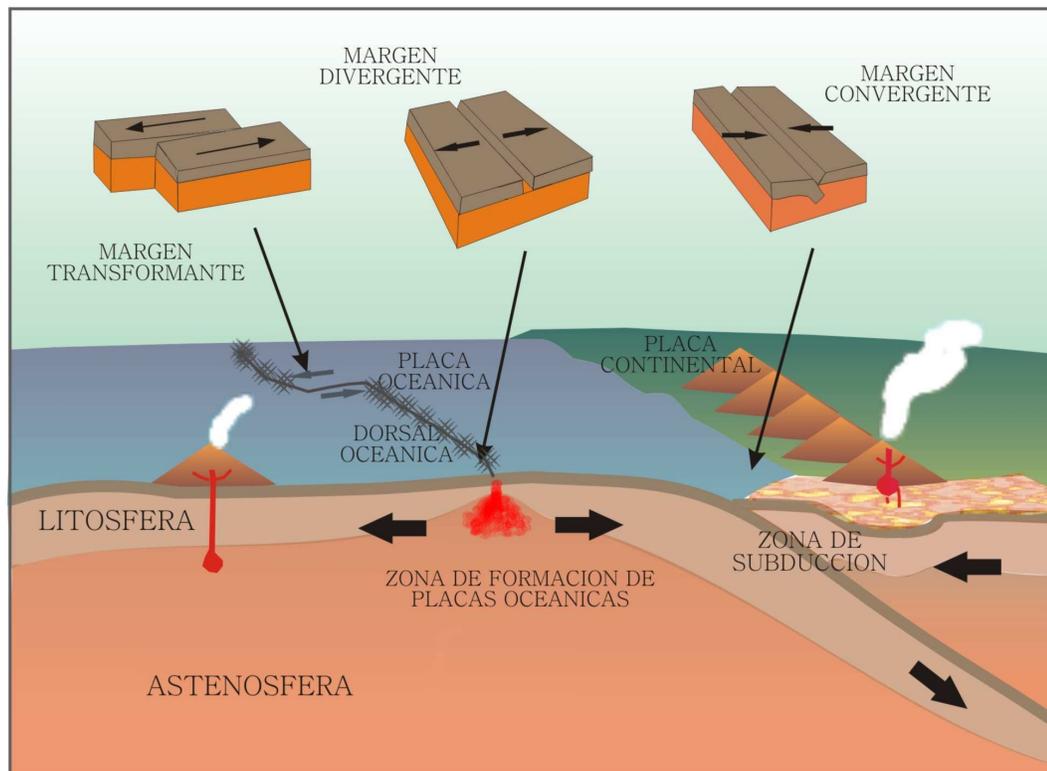


Figura 3: Tipos de bordes entre placas tectónicas.

Cada placa tiene una combinación de estos bordes: creándose en bordes divergentes, consumiéndose en bordes convergentes y “patinando” con placas laterales localizadas más o menos paralelas a la dirección de movimiento en bordes transformantes.

Durante muchos años, se ha sabido que la distribución global de la actividad volcánica no es aleatoria, sino que presenta un modelo definido. La mayor cantidad de volcanes se hallan en los bordes divergentes o Dorsales, que por lo general, al ser zonas deprimidas, están debajo de los océanos, pasando por ello desapercibidas (solo algunos segmentos emergen, como por ejemplo la isla de Islandia en Europa). La otra región que presenta volcanismo son los márgenes convergentes, o zonas de subducción, que se hallan generalmente en los continentes y son por ello los más visibles. Los volcanes localizados en bordes convergentes son en general los más explosivos.

Ambos volcanismos son de borde de placas (divergentes o convergentes) o también denominadas de interplaca. Pero también la actividad volcánica puede ser de intraplaca, y ocurre cuando el vulcanismo se produce dentro de la placa tectónica. Está asociado a lo que se denominan puntos calientes, como es el ejemplo de las islas de Hawaii.

La actividad volcánica asociada a las zonas de subducción (como por ejemplo la de los Andes), corresponde a lugares donde la litosfera oceánica hidratada proveniente de las dorsales se introduce por debajo de la litósfera continental, y desciende hacia el interior del manto (Figura 4). Conforme la placa se hunde aumenta la temperatura y presión, y los elementos volátiles (agua, oxidrilos, etc.) son expulsados de la corteza oceánica en subducción. Estos volátiles migran en dirección ascendente hacia el fragmento de manto localizado directamente por encima. Este proceso ocurre a una profundidad de 100 a 150 Km y estos volátiles ricos en agua disminuyen el punto de fusión de las rocas que componen el manto lo suficiente como para promover la fusión parcial de la roca, a esa temperatura y presión, dando lugar a la formación de magma.

Este magma generado en profundidad, al ser menos denso y por lo tanto más liviano que la roca circundante, tiende a ascender, fundiendo e incorporando las rocas que encuentra en el camino. A profundidades de 20 a 5 kilómetros este fundido se asienta formando lo que se denomina como reservorio o cámara magmática.

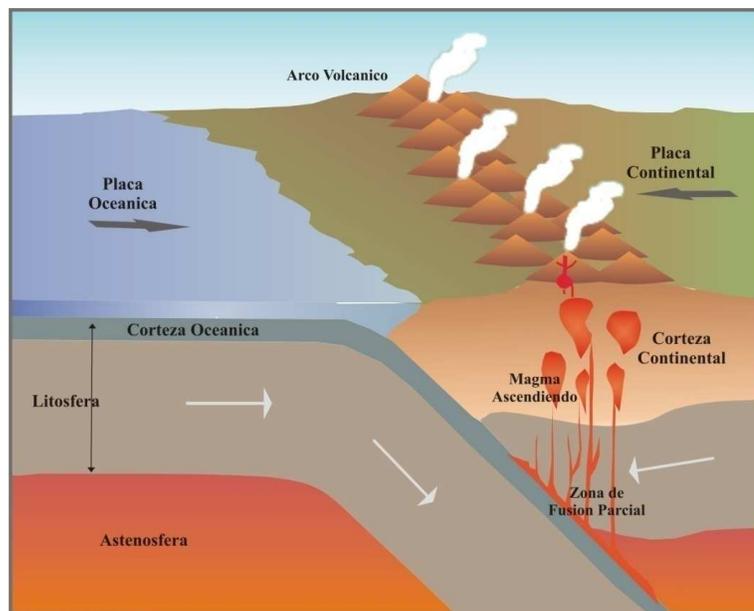


Figura 4: Conforme una placa oceánica desciende hacia el manto, el agua y otros compuestos volátiles desaparecen de las rocas de la corteza subductada. Estos volátiles disminuyen la temperatura de la fusión de las rocas del manto lo bastante como para generar fusión

Un volcán es un lugar de la superficie de la Tierra por donde asciende roca fundida. Suele ser una “montaña” (figura 5) que se forma por sucesivas erupciones a partir de una **chimenea central**, que corresponde a un conducto que conecta la cámara magmática con la zona de apertura en superficie, denominada habitualmente **cráter**. En la cima de muchos volcanes el cráter puede tener paredes

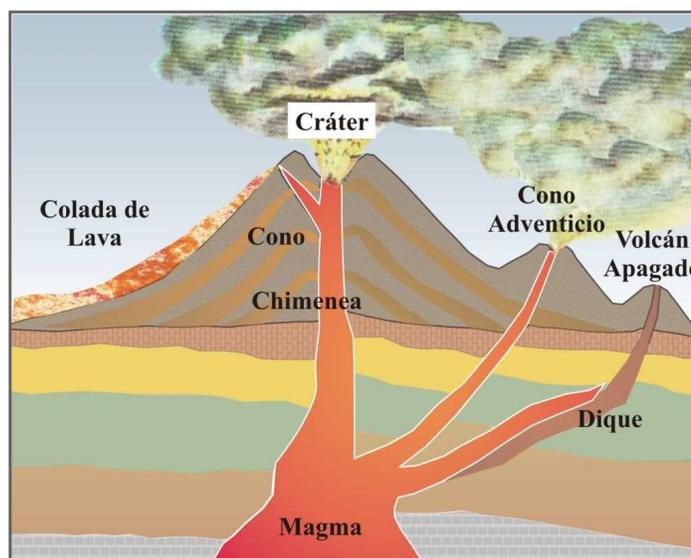


Figura 5: esquema de un volcán.

empinadas y dentro de él puede haber una laguna, que se denomina **laguna cratérica** (como ocurre por ejemplo en el volcán Copahue). Algunos volcanes tienen depresiones en sus cimas, inusualmente grandes que superan el kilómetro de diámetro y que se conocen como **calderas**. Además, los volcanes pueden tener chimeneas laterales, que consisten en conductos secundarios más pequeños, por las que también pueden producirse eventos eruptivos o simplemente la emisión de gases (en este último se denominan fumarolas).

## 5.2 Que es una erupción volcánica y que tipo de volcanes hay?

Las erupciones volcánicas presentan una amplia variación en cuanto al grado de explosividad. ¿Qué determina que un volcán expulse el magma en forma violenta o “tranquila”? Los principales factores que influyen son la composición del magma, su temperatura y la cantidad de gases disueltos que contiene. Estos factores afectan la movilidad y viscosidad del magma. Cuanto más viscoso es un magma, mayor es su resistencia a fluir. La viscosidad de un magma asociado con una erupción explosiva puede ser cinco veces mayor que la del magma expulsado de una manera tranquila.

De acuerdo al grado de explosividad las erupciones se pueden clasificar en 4 estilos eruptivos (figura 6), que están basados principalmente en diferentes ejemplos de volcanes en el mundo.

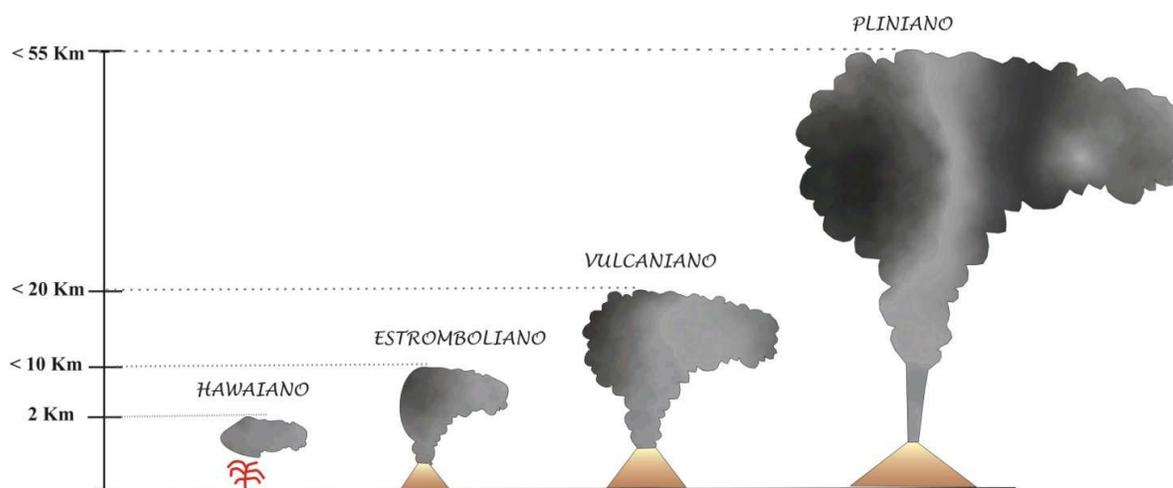


Figura 6: Cuadro de los distintos estilos eruptivos y la altura que puede alcanzar la columna eruptiva.

Estilo Hawaiano, basado en volcanes de Hawaii, se caracteriza por la expulsión de importantes volúmenes de lava (magma que se derrama en superficie) y poca cantidad de material piroclástico (material fragmentado que expulsa el volcán dentro de una “nube”). Este tipo de erupciones son muy tranquilas, y no presentan grandes amenazas a las poblaciones ya que las lavas se encauzan por valles, no alcanzan grandes distancias y muestran escasa velocidad (20-40 km/h).

Estilo Estromboliano, basado en las características del volcán Stromboli en Italia, el mismo se caracteriza por la emisión de lava, pero fundamentalmente da lugar a la formación de conos (100 m de altura) compuestos de escorias que arroja el volcán. Las erupciones de este tipo de volcanes se caracterizan por contener en sus magmas mayor cantidad de gases respecto al anterior.

Estilo Vulcaniano, son erupciones con magmas que contienen mayor cantidad de gases y que presentan mayor viscosidad. Hay mayor expulsión de material piroclástico fino y las coladas de lava son viscosas, por lo cual se extienden por distancias menores y son muy lentas.

Estilo Pliniano, basado en la erupción del volcán Vesubio (Italia) del año 79 y que fue descripta por Plinio el Joven. Este estilo eruptivo es el más peligroso de todos, ya que emite columnas de fragmentos piroclásticos fino (cenizas) a gran velocidad, dando lugar a penachos que pueden alcanzar los 30 km de altura. Las cenizas son fragmentos de magma, que por la gran cantidad de gases que contienen estos fundidos de roca, crecen las burbujas con la pérdida de presión (al ascender hacia el conducto) y se genera como una “espuma” de gas y partículas que es eyectada hacia arriba por la gran sobrepresión que tiene.

Las erupciones explosivas van a estar asociadas a magmas más viscosos, de bajas temperaturas (800-650°C) y con mayor contenido de volátiles, mientras que las erupciones de tipo efusivas, el fundido se caracteriza por tener mayores temperaturas (1200 – 900°C), menor cantidad de volátiles en el fundido, en consecuencia menor viscosidad. Las explosivas, son además las que presentan una mayor amenaza por la cantidad de material piroclástico que emiten.

Puede ocurrir, que por la alta viscosidad, se genere un tapón en el cráter del volcán; este tipo de forma se llama Domo lávico. La acumulación de presión por la presencia del domo y rápida descompresión si este se llegara a romper, resulta de suma importancia, ya que el volcán entra en erupción liberando toda la energía acumulada en solo minutos, causando una gran destrucción a su alrededor. Esta “espuma” es una nube de gases calientes con partículas de magma solidificando (conocida como Flujos Piroclásticos), que puede deslizarse por los valles a gran velocidad (hasta 200 km/h) y presenta temperaturas de hasta 600°C, impactando y carbonizando todo lo que encuentra a su paso.

Existe un estilo eruptivo particular denominado hidromagmático, donde la explosión se produce por el contacto de magma (que generalmente está entre 650 y 1200 °C) con niveles de agua superficial. Este contraste de temperatura provoca la repentina expansión de vapor de agua, produciendo una gran explosión que fragmenta el magma y lo arroja en forma de nubes a gran velocidad como la explosión de una bomba atómica.

Cada tipo de erupción tiene productos volcánicos asociados, estos pueden ser:

- Lavas
- Flujos Piroclásticos
- Caída de cenizas
- Gases
- Lahares
- Deslizamientos

Lavas:

Las coladas de lava son más comunes en las erupciones efusivas que explosivas. Las mismas se mueven por gravedad, pendiente abajo, y la velocidad con la cual lo hagan va a estar directamente relacionada con la viscosidad, es decir, con la composición. Cuando menor es la viscosidad, más rápido se mueve, y más lejos puede llegar la colada. Las coladas más viscosas, por lo general, no llegan a más de 10 km. del centro de emisión.

Flujos piroclásticos:

También denominadas nubes ardientes, se producen cuando un volcán expulsa gases calientes mezclados con cenizas incandescentes. Las mismas se desplazan pendiente abajo, a velocidades de 200



## *Manual de Procedimientos ante Caída de Cenizas Volcánicas*



km/h. Estas corrientes pueden incluir productos más grandes que además de las cenizas, y se pueden extender por más de 100 kilómetros desde su origen. Este tipo de productos están asociados a erupciones explosivas.

### Caída de Cenizas:

Cuando se expulsa magma del conducto volcánico, de acuerdo a la viscosidad de la misma, los gases que contiene se expanden, lanzando roca pulverizada, lava y fragmentos de vidrio desde la chimenea. Estas partículas se denominan piroclastos, y los que tienen un tamaño semejante a arenas se las denomina cenizas volcánicas. El tamaño de estos fragmentos expulsados oscila entre un polvo muy fino (inferior a 0,063 milímetros de diámetro) y cenizas volcánicas de tamaño arena (inferior a 2 milímetros de diámetro). Los piroclastos del tamaño de una nuez se denominan lapillo (“piedras pequeñas”). Las partículas mayores que los lapillo se denominan bloques, cuando están compuestos de lava endurecida y bombas cuando son expulsados como lava incandescente.

### Gases:

Salen a superficie por la chimenea central o alguna secundaria (fumarola). La composición de los gases varía de acuerdo al volcán, aunque en promedio, el principal gas es vapor de agua, seguido por CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y H<sub>2</sub>S. Todos pueden ser muy nocivos para la salud en grandes cantidades.

### Lahar:

Los volcanes que arrojaron cenizas, con las lluvias o derretimiento de hielo/nieve, es común que generen una corriente de “barro” (ceniza y agua) denominada por su nombre indonesio lahar, que muestra mayor poder erosivo de las costas por su mayor densidad (respecto a ríos que solo llevan agua). Estos flujos de barro se producen cuando las cenizas y los derrubios volcánicos se saturan en agua y fluyen pendiente abajo por las laderas volcánicas, siguiendo normalmente los valles de los ríos.

### Deslizamientos:

Está asociada principalmente a volcanes con edificios volcánicos de laderas empinadas. Debido a esto, las mismas resultan inestables, pudiendo desprenderse fragmentos del cono o edificio volcánico, generando daños.

### Volcanes argentinos-chilenos

Como se mencionó anteriormente, Argentina y Chile forman parte del Cinturón de Fuego del Pacífico, en este sector, la subducción producida en el margen occidental del continente, genera la gran actividad sísmica y volcánica observada a lo largo de la Cordillera de los Andes. Allí se encuentran cientos de volcanes de edad relativamente reciente, de acuerdo a tiempos geológicos. Gran parte de estos volcanes han presentado algún tipo de actividad eruptiva en los últimos 14.000 años, y alrededor de 60 han tenido erupciones consideradas históricas, es decir, en los últimos 500 años.

En tiempos históricos, solamente los volcanes del sur de los Andes han causado la muerte de personas y pérdidas económicas por destrucción de viviendas e infraestructura en Chile, y afectó con las cenizas a las economías regionales en Argentina. También en el norte, la erupción explosiva del volcán Láscar (1993) causó importantes daños a la agricultura de las provincias de Salta y Jujuy debido a la caída de ceniza.

En épocas recientes, la erupción del Vn. Quizapu, del 10 de abril de 1932, produjo la dispersión de ~4,5 km<sup>3</sup> de ceniza alcanzando la ciudad de Buenos Aires y Río de Janeiro, ciudad situada a 2950 km del centro emisor.



## Manual de Procedimientos ante Caída de Cenizas Volcánicas



El volcán Lonquimay ubicado en territorio Chileno a la altura de Neuquén ( $38^{\circ}22'S$ ,  $71^{\circ}35'O$ ) inició, el 25 de Diciembre de 1988 un nuevo ciclo eruptivo. La columna de cenizas y gases se elevó a más de 9 km de altura. Una característica que hizo particularmente nocivas las cenizas de esta erupción, fue su alto contenido de flúor, las cuales al disolverse en el agua produjeron un alto índice de mortandad en el ganado. Las principales afecciones registradas fueron osteofluorosis (caída de dientes, calcificaciones de ligamentos y tendones y descalcificación de los tejidos óseos), también impactó fuertemente la vegetación y los cultivos (Riffo *et al.*, 1989).

El volcán Hudson, ubicado a 1650 kilómetros al sur de Santiago de Chile, se mantuvo activo durante el siglo XX, registrando cuatro erupciones durante ese período. El 8 de agosto de 1991, el Hudson entró violentamente en actividad, expulsando una enorme cantidad de cenizas volcánicas que fueron arrastradas por los vientos del Pacífico a través de la cordillera y arrojadas a todo lo ancho de la Patagonia argentina, sobre la provincia de Santa Cruz, cubriendo un área de 150 mil kilómetros cuadrados. Se calcula que durante la semana que duró la emisión de cenizas, el volcán Hudson arrojó a la atmósfera unos 2500 millones de toneladas de cenizas. Las dos poblaciones más afectadas fueron Perito Moreno y Los Antiguos, ambas del lado argentino, en la provincia de Santa Cruz. Es importante mencionar que ambas ciudades están a unos 100 kilómetros de distancia del volcán Hudson, Los efectos iniciales de la erupción de 1991 fueron devastadores, según un informe redactado por el INTA, las consecuencias inmediatas de la erupción sobre los seres humanos y los animales fueron: irritaciones de la vista y en las vías respiratorias y digestivas. Luego de un par de meses, se observó que las personas que habían estado expuestas a las cenizas presentaban problemas de pérdida de cabello y falta de crecimiento en sus uñas, debido a la acción abrasiva del material volcánico. Los peores efectos se observaron sobre los animales y los cultivos de la región, el ganado lanar (principal fuente económica de los pobladores) sufrió el mayor impacto, más de medio millón de ovejas murieron debido a la falta de alimentación y de agua potable, entre otros factores. Finalmente, se sacaron de la ciudad de Los Antiguos más de 20 mil toneladas de cenizas en camiones y máquinas provenientes de todas partes del país.

Nueve años después, en julio de 2000, entró en erupción moderada el volcán Copahue, ubicado en la provincia de Neuquén a 9 km de la localidad de Caviahue. Si bien no hubo gran cantidad de cenizas, el fuerte olor a azufre, y fundamentalmente el desconcierto y la falta de información provocaron la auto-evacuación de sus pobladores. Las pérdidas fueron económicas ya que la principal actividad en temporada invernal es el turismo tanto por las pistas de esquí como por los baños termales.

El volcán Llaima, ubicado en territorio chileno dentro del parque Nacional Conguillio ( $38^{\circ}41'S$ ,  $71^{\circ}43'O$ ), se trata de un estratovolcán de 3.125 metros de altura, clasificado como uno de los más activos de la región con unas 60 erupciones históricas, y 23 registros de eventos eruptivos en el siglo XX. En enero de 2008, comenzó un nuevo ciclo eruptivo con emisión de material sólido y gases que alcanzaban los 1000 metros de altura, a partir de su cráter principal. Las poblaciones más afectadas fueron las de Zapala, Las Catutos y Mariano Moreno en territorio neuquino, ascendiendo a un total de 50 mil personas que debieron permanecer en sus casas o lugares de trabajo y tomar los recaudos necesarios para prevenir los efectos nocivos de las cenizas en la salud. Con posterioridad, el volcán, inició nuevas etapas eruptivas con derrames de lava.

El 2 de mayo de 2008, el volcán Chaitén, ubicado en territorio chileno a tan solo 10 km de la localidad homónima, ha obligado a las autoridades chilenas a evacuar a más de 2000 personas. La acción del viento dispersó las cenizas hacia territorio argentino, llegando incluso hasta el sur de la provincia de Buenos Aires. Si bien en nuestro país no hubo evacuados, la gran cantidad de cenizas generó problemas respiratorios y oftalmológicos en los pobladores de la cordillera chubutense, principalmente en las localidades de Esquel y Trevelin. También afectó fuertemente a las comunicaciones, con visibilidad reducida en varias rutas nacionales y suspensión de vuelos en los aeropuertos de Esquel, Bariloche, Mar del Plata e incluso en el aeroparque Jorge Newbery de la Capital Federal.



## *Manual de Procedimientos ante Caída de Cenizas Volcánicas*



Como se puede observar, en la Cordillera de los Andes existen innumerables volcanes activos, la mayoría localizados en territorio chileno, y cercanos a la frontera con Argentina. También hay volcanes activos en la República Argentina pero existen pocas poblaciones habitando en sus alrededores. Los vientos predominantes hacia el este transportan las cenizas volcánicas hacia nuestro territorio. Estas partículas generan grandes problemas en la salud de las poblaciones afectadas y en sus economías.

Pocos son los volcanes del territorio argentino que están siendo vigilados e investigados integralmente. El único que hasta este momento está en estudio es el volcán Copahue ( $37,85^{\circ}\text{S}$ ,  $71,17^{\circ}\text{O}$ ) en la provincia del Neuquén. El mismo lo está realizando el Grupo de Estudio y Seguimiento de Volcanes Activos (GESVA) del Departamento de Ciencias Geológicas de la Universidad de Buenos Aires, mediante proyectos de investigación nacionales de la Universidad de Buenos Aires (UBACyT) y de la Agencia Nacional de Promoción Científica y Tecnológica (ANPCyT). Otro de los volcanes que está siendo monitoreado es Decepción, en el continente Antártico, donde funciona desde 1993 un Observatorio Volcanológico ([www.gesva.gl.fcen.uba.ar](http://www.gesva.gl.fcen.uba.ar)), reconocido por la World Organization of Volcanic Observatories (WOVO). Se comenzó a estudiar desde el 2009 el volcán Planchón-Peteroa (sur de Mendoza) y el Grupo prevé continuar con otros volcanes activos andinos.

## 5.4 Listado de volcanes activos

Denominación	Provincia	Ubicación	Características
Vn. ARACAR	Salta	24° 18' 67° 47'	6095 m. Estratovolcán empinado en un cráter de 1-1,5 km de diámetro que contiene un pequeño lago. El volcán fue construido durante tres ciclos eruptivos pliocenos. Está cubierto por lavas dómicas dacíticas con flujos bien preservadas que alcanzan hasta la cota de 4500. Si bien no se conocía una erupción histórica, en 1993 se reportó una posible columna de cenizas.
Vn. SOCOMPA	Salta Límite con Chile	24° 24' 68° 15'	6031 m. Estratovolcán dacítico. No se conocen erupciones históricas. Última erupción 5250 años AP. Colapso de flanco y erupción hace 7200 años AP.
Co. LLULLAILLACO	Salta Límite con Chile	24° 43' 30'' 68° 32'	6.739 m. Estratovolcán dacítico. Erupciones históricas: dos erupciones explosivas y una efusiva en el siglo XIX. Última erupción histórica en 1877. Colapso de flanco y erupción hace 150000 años AP (datación).
Co. ESCORIAL	Salta Límite con Chile	25° 05' 68° 22'	5454 m. Pequeño estratovolcán andesítico-dacítico. No se conocen erupciones históricas. Última erupción 342000 años atrás (datación).
Vn. AZUFRE o LASTARRÍA	Salta/ Catamarca Límite con Chile	25° 10' 68° 30'30''	5.706 m. Estratovolcán andesítico – dacítico (domo) con cinco cráteres en su cumbre. No se conocen erupciones históricas pero su morfología indicaría que ha sido activo en tiempos históricos. Presenta actividad fumarólica en cráter y flanco NO, y flujo de azufre.
CORDÓN DEL AZUFRE	Catamarca Límite con Chile		5463 m. Complejo volcánico conformado por 5 km de surgentes volcánicas que dieron lugar a una serie de derrames lávicos. El cono más joven se eleva 300 m (Volcán La Moyra). No se conoce erupción histórica.
Co. BAYO GORBEA	Catamarca Límite con Chile	25° 25' 68° 34' 30''	5401 m. Complejo volcánico dacítico-andesítico. No se conoce erupción histórica.
Co. SIERRA NEVADA	Catamarca Límite con Chile	26° 30' 68° 35'	6173 m. Complejo volcánico conformado por 12 centros volcánicos a los que se le asocia flujos de lava. Los cráteres tienen 400 m de diámetro. No se conoce erupción histórica.
Co. PEINADO	Catamarca	26° 37'30'' 68° 07'	5.741 m. Es uno de los volcanes más jóvenes de la región. Se trata de un estratovolcán simétrico originado por el derrame de flujos de lava desde la cumbre y que se estima una edad Holocena. El Co. Peinado está rodeado por pequeños campos de conos de ceniza, maares y flujos de lava pristinas, localizadas a lo largo de una falla N-S, que está relacionada con el campo volcánico del Salar de Antofalla.

Co. EL CÓNDOR	Catamarca	26° 38' 68° 22'	6.373 m.
CUMBRE DEL LAUDO	Catamarca	26° 31' 68° 32'	6.152 m.
Vn. ANTOFAGASTA DE LA SIERRA	Catamarca	26° 07' 30'' 67° 24'	4.000? m. Se trata de un campo volcánico compuesto por una serie de conos de escoria andesíticos-basálticos, que pueden tener solo unos cientos de años de antigüedad. No se conoce erupción histórica.
Co. DE INCAHUASI	Catamarca Límite con Chile	27° 02' 68° 18'	6.638 m. . Complejo volcánico conformado por 2 estratovolcanes que ocupan una caldera volcánica de 3,5 km de diámetro. Se le asocian domos de lava dacítica y flujos de lava. No se conoce erupción histórica pero por su morfología se presume de edad Holocena.
Co. EL MUERTO	Catamarca Límite con Chile	27° 04' 68° 29'	6.488 m.
Co. OJOS DEL SALADO	Catamarca Límite con Chile	27° 07' 68° 33'	6.864 m. Complejo volcánico conformado por una amplia caldera que ha sido cubierta por numerosos conos piroclásticos y lavas dómicas andesíticas a riolíticas. La principal erupción (de composición riodacítica) tuvo lugar hace aproximadamente 1000 a 1500 años, produciendo flujos piroclásticos pumíceos. La actividad eruptiva más reciente parece haberse originado en la cumbre dando lugar a lavas muy viscosas, conos y cráteres de explosión orientados en dirección NNE. No se confirmó la existencia de erupciones históricas pero el volcán muestra una persistente actividad fumarólica y se ha reportado una emisión de gas y ceniza menor en el año 1993 que no ha sido confirmada.
Co. SOLO	Catamarca Límite con Chile	27° 06' 68° 43'	6.205 m. Se trata de un gran estratovolcano compuesto de nueve centros eruptivos localizados al O del Co. Ojos de Salado. Se caracteriza por presentar potentes depósitos de flujos piroclásticos de composición riodacítica de edad holocena.
Co. TUZGLE	¿?	24° 03' 66° 29'	5500 m. Se trata de estratovolcán más oriental de los Andes Centrales, localizado a 120 km del arco volcánico. La actividad comenzó con la erupción que dio lugar a flujos piroclásticos riodacíticos, seguido de la construcción de un complejo de lavas dómicas en el borde de la caldera. Flujos de lavas andesíticas cubren varios de estos complejos dómicos. Durante la evolución del volcán han quedado registrado varios colapsos del edificio volcánico. Las lavas más jóvenes fueron derramadas sobre los flancos SE y SO.
Co. ROBLEDO	¿?	26° 46' 67° 43'	4400 m. Localizado a 80 km al SO de la caldera del Cerro Galán, presenta una caldera de 6 km de diámetro. Dentro de la caldera se localiza una lava dómica de edad holocena, denominada Cerro Blanco del Robledo y depósitos de caída de pómez en los alrededores.

			Depósitos anteriores al domo del Cerro Blanco están expuesto en el piso de la caldera y flanco NO y están compuestos por depósitos piroclásticos y lavas riolíticas. Estudios geodésicos satelitares muestran subsidencia de la caldera en los años 90.
Co. TIPAS	¿?	27° 12' 68° 33'	6660 m. Se trata de un complejo volcánico activo que ha sido considerado el tercero en el mundo desde el punto de vista de su altura. Está ubicado al SSO del Ojos del Salado y está compuesto por cráteres, conos, lavas dómicas y flujos lávicos que cubren una gran superficie.
Co. TUPUNGATITO	Mendoza Límite con Chile	33° 27' 69° 45'	5913 m. Se trata del volcán históricamente activo localizado más al norte de la Zona Volcánica Sur de los Andes. Consiste en un grupo de 12 cráteres de edad holocena y un cono piroclástico, de composición andesítica y basáltica, este último localizado en el extremo NO de una amplia caldera de 4 km de diámetro, de edad pleistocena y composición dacítica. Coladas de lava desde el cráter N han descendido por el flanco NO. Este volcán ha producido frecuentes erupciones explosivas durante los últimos 200 años.
Vn. SAN JOSÉ	Mendoza Límite con Chile	33° 47' 69° 52' 30''	6070 m. El volcán San José está localizado en el extremo sur de un grupo de volcanes que incluyen al Marmolejo y Espíritu Santo, ambos de edad pleistocena. Los 6109 m de altura del estratovolcán Marmolejo, cubiertos por un potente glaciar, es truncado por una caldera de 4 km de diámetro, abierta al NO debido a una avalancha de escombros. El volcán San José es un estratovolcán de edad Pleistoceno-Holoceno con una amplia caldera de 2 km x 0.5 km, que contiene cráteres, conos piroclásticos y flujo de lavas superpuestas. Erupciones freatomagmáticas fueron registradas en los siglos XIX y XX.
Vn. MAIPO	Mendoza Límite con Chile	34° 10' 69° 50'	5323 m. Se trata de un estratovolcán cónico, parcialmente rellenando la caldera pleistocena Diamante, de 15 x 20 km de diámetro, que se formó hace 0.45 millones de años atrás durante una erupción que produjo 450 km <sup>3</sup> de depósitos de flujos piroclásticos (ignimbritas). Los conos pleistocenos de los volcanes Don Casimiro y Cerro Listado se formaron en el SO del borde y SO del flanco de la caldera respectivamente. El estratovolcán Maipo post-caldérico de composición andesítica basáltica asciende alrededor de 1900 m sobre el piso de la caldera y fue construido por erupciones del tipo estromboliano y vulcaniano. Existen varios conos parásitos construidos en el flanco oriental del volcán y en 1826 los derrames lávicos de uno de ellos bloqueó el drenaje fluvial y formó el lago Diamante dentro del piso de la caldera.
CALDERA DEL ATUEL	Mendoza	34° 39' 70° 3'	5189 m. La Caldera del Atuel tienen un ancho de 30 x 45 km llegando hasta el límite Argentina-Chile, y se ubica a 18 km al SSO del borde de la caldera Diamante. El borde occidental de la caldera están las nacientes del río Atuel que drena hacia el SE a través de una amplia apertura de la caldera. El amplio piso de la misma cuenta con 15 lavas dómicas dacíticas y 25 estratovolcanes y conos de cenizas de composición andesítica basáltica. Un grupo de conos conocidos como

			Las Lágrimas se apoyan sobre el borde SO de la caldera. En el borde NE de la caldera, el Volcán Guanaqueros, es un grupo de conos de cenizas de composición basáltica y andesítica de posible edad histórica. Los Complejos del Volcán Overo en el NE de la caldera y del Volcán Sosneado al SE contienen numerosos conos piroclásticos y derrames lávicos muy jóvenes. El primero tiene 20 centros eruptivos y los derrames lávicos del segundo cubren un área de 200 km <sup>2</sup> .
Co. RISCO PLATEADO	Mendoza	34° 55´ 70°	4999 m. Consiste de un estratovolcan que corta una caldera de 4 km de diámetro. Dos centros eruptivos localizados sobre el borde SO y NE de la caldera, a lo largo de una fractura de rumbo NE que se extiende hacia unos conos parásitos a 8 km sobre el flanco bajo de la caldera. Derrames lávicos andesíticos basálticos dominantes son cubiertos por flujos dacíticos. Flujos lávicos basálticos de aspecto joven que surgieron del flanco NE se extendió hacia el Río Atuel.
Vn. PLANCHÓN-PETEROA	Mendoza Límite con Chile	35° 16´ 70° 35´	4135 m. Planchón-Peteroa es un complejo volcánico elongado a lo largo del límite entre Argentina y Chile, con varias calderas superpuestas. La actividad comenzó en el Pleistoceno con la construcción del volcán Azufre de composición andesítica basáltica a dacítica. Luego es seguida temporalmente por la formación de otro edificio volcánico 6 km al norte del anterior. Se trata del Volcán Planchón cuya composición es basáltica a andesítica basáltica. Aproximadamente 11500 años atrás gran parte del volcán Azufre y parte del Planchón colapsó (flanco occidental) formando una gran avalancha sobre el río Teno que viajó 95 km hasta alcanzar el Valle Central Chileno (una de las mayores avalanchas volcánicas del mundo). Subsecuentemente, se formó el Volcán Planchón II. El más joven es el Volcán Peteroa, de composición andesítica a andesítica basáltica, que consiste de una serie de bocas localizadas entre los volcanes Azufre y Planchón. El volcán Peteroa ha sido activo en tiempos históricos, con erupciones predominantemente explosivas, aunque derrames lávicos fueron emitidos en 1837 y 1937. El volcán contienen un pequeño lago cratérico y actividad fumarólica.
Vn. PAYÚN MATRÚ	Mendoza	36° 26´ 69° 16´	3715 m. El volcán Payún Matru es un volcán en escudo de estilo hawaiano, que cubre una superficie de 5200 km <sup>2</sup> . La caldera elíptica es de 8 x 10 km de ancho y la altura máxima es el estratovolcán Cerro Payún, construido sobre el flanco SO del escudo. Erupciones basálticas post-caldera produjeron más de 300 centros eruptivos, principalmente a lo largo de una fisura de dirección E-O que se extiende a lo largo de todo el escudo. Flujos de lava que se derramaron desde centros volcánicos jóvenes localizados sobre el flanco occidental, y que viajaron una distancia de 10 km, son conocidos como Los Volcanes. Otras bocas son encontradas en los flancos NE y S, y una colada lávica desde el Volcán Santa María sobre el flanco NO viajó 15 km hacia el NE. Cerca de 30 domos traquiandesíticos y flujos de lava basálticos fueron emitidos contemporáneamente con las erupciones fisurales. Por tradición oral de las tribus nativas se sabe que estaban presentes durante la última erupción.

Vn. DOMUYO	Neuquén	36° 38' 70° 26'	4701 m. Se trataría de un estratovolcán Pleistoceno Tardío o posiblemente Holoceno. Unas 14 lavas dómicas de composición dacítica y otros centros eruptivos fue construida con una amplia caldera de 15 km de ancho. El Volcán Chanque-Mallín sobre el flanco ESE es el más grande y joven.
GRUPO VOLCÁNICO COCHQUITO	Neuquén	36°46' 69°49'	1435 m. Se trata de un grupo de volcanes jóvenes ubicados al norte de la localidad de Buta Ranquil, cerca donde el Río Grande y el Río Barrancas se unen para formar el Río Colorado. El Volcán Cochiquito es un estratovolcán basáltico alcalino de edad estimada Pleistoceno-Holoceno que tienen ocho conos satélites. Volcán Silla Negra (o Malal) es un cono piroclástico con dos cráteres y derrames lávicos cuya edad es estimada es holocena. El Volcán Ranquil del Sur es un pequeño estratovolcán que presenta un cráter de 600 m de diámetro que produjo depósitos piroclásticos andesíticos y flujos de lava. Su edad es estimada en el Pleistoceno-Holoceno.
Vn. TROMEN	Neuquén	37° 08' 70° 03'	4114 m. Se trata de un estratovolcán de edad Holocena La cumbre se corta por dos calderas superpuestas de 3,5 km de diámetro. El Volcán Negro del Tromen (pleistoceno), con una caldera de 5 km de ancho, está inmediatamente al norte del Tromen, y flujos de lava desde este han cubierto parcialmente el borde norte de la caldera. La boca post-caldera del Tromen fue construida entre ambas calderas. Bocas de edad holocenas fueron localizadas en el área del Cerro Michico sobre el flanco NE. Se reportó una erupción en 1822 pero no ha sido confirmada.
Vn. COPAHUE	Neuquén Límite con Chile	37° 51' 71° 12'	2953 m. Es un cono compuesto elongado en dirección OSO-ENE, construido en el borde occidental de la caldera de Caviahue (20 x 15 km). Nueve cráteres alineados han sido individualizados y el más oriental es el activo, conteniendo una lago cratérico ácido y caliente (250 m de diámetro), y que muestra una intensa actividad fumarólica. Sobre el flanco oriental surgen vertientes ácidas y calientes que son parte de las nacientes del río Agrio. Varias zonas geotermales se localizan dentro de la caldera a 7 km al NE del cráter activo. Más de 12 erupciones fueron registradas en los últimos 250 años y las más recientes datan de 1992, 1995 y 2000.
Vn. LANÍN	Neuquén Límite con Chile	39° 38' 71° 30'	3776 m. SE trata de un estratovolcán, predominantemente efusivo (basaltos a traquidacítas) Es el extremo oriental de una alineación NO-SE, transversal a los Andes, de un grupo de volcanes que incluye al Villarrica. El volcán fue formado en 4 ciclos eruptivos que comenzaron en el Pleistoceno Temprano o Plioceno Tardío. Los últimos dos ciclos ocurrieron durante el Pleistoceno-Holoceno. Un pequeño domo dacítico en la cumbre alimentó flujos de lavas en bloques que se derramaron hacia el norte hace aproximadamente 2200 años atrás. Derrames lávicos en el flanco del volcán ocurrieron con posterioridad, hace aproximadamente 1600 años atrás. El volcán Lanín fue reportado activo después de un terremoto en 1906, pero no hay erupciones históricas conocidas. Conos piroclásticos (Volcán Arenal) post-glaciares están localizados en los flancos bajos del volcán y lavas

			posteriores cubren estos depósitos y llegan hasta el lago Paimún.
Co. HUANQUIHUÉ	Neuquén	39° 53' 71° 35'	2189 m. Consiste de una cadena de estratovolcanes de edad pleistocena, alineados con dirección NNE-SSO. Un cono de cenizas Holoceno con tres cráteres de más de 400 m de diámetro, que ocupan un valle NE del cerro y un cono piroclástico construido en el lago Epulafquen (La Angostura) es el extremo norte de la cadena. Un flujo de lava muy reciente (200 años atrás) proveniente de la base del cono de cenizas Achín-Niellu (también conocido como Cerro Escorial) viajó al norte e ingresó en el Lago Epulafquen, formando un prominente delta de lava. La erupción que dio lugar a la colada del Escorial también es recordada por los residentes locales por historias contadas por sus ancestros.
CAMPO VOLCÁNICO CRÁTER BASALTO	¿?	42°1' 70°11'	1359 m. El campo volcánico Crater Basáltico en la región norte de la Patagonia, cubre un área de 700 km <sup>2</sup> . Nueve conos de cenizas y de escoria produjeron derrames lávicos de basaltos alcalinos basanitas y traquibasaltos. Uno de los rasgos más destacados es el Cerro Fermín, un cono de cenizas que produjo media docena de flujos lávicos. El cono más alto es el Cerro Negro, que alimentó coladas que viajaron hacia el oeste, este y luego NE donde la parte distal es cortada por la ruta provincial. Alguna de las lavas, tales como aquellas del los cerros Ventana y Contreras, cubren las líneas de costa de barreales holocenos.
VIEDMA	¿?	49°21.5' 73°17'	1500 m . Una erupción en 1988 confirmó la presencia de una boca subglaciaría postulada en el campo de hielos Patagónico al NO del lago Viedma (Kilian, 1991). El centro eruptivo del volcán Viedma es subglaciarío y de composición dacítica. Solo parte del viejo edificio emerge sobre la superficie de la capa de hielo. Cuatro grandes cráteres o calderas, entre 1,5 y 4 km de diámetro, están localizadas a lo largo de una línea N-S. La erupción de 1988 depositó cenizas y pómez sobre la capa de hielo Patagónico y produjeron flujos de barro que ingresaron al lago Viedma.
CAMPO VOLCÁNICO PALEI-AIKE	Santa Cruz	52°0' 70°0'	282 m. Este campo volcánico presenta 3000 km <sup>2</sup> de lavas, maares, conos de escoria basálticas asociadas con modernos derrames lávicos, de edad aproximada Pleistocena a Holoceno. La distribución de los maares y conos indican que que las erupciones ocurrieron a lo largo de fisuras regionales orientadas E-O y NO-SE. Las erupciones más tempranas produjeron maares y flujos lávicos asociados que son ahora expuestos en los valles de los ríos. Un segundo estado formó conos de escoria, ahora erosionados, y flujos de lava. Los conos y coladas de lava más jóvenes son encontradas en el SE del campo volcánico y no están cubiertos por suelos como los anteriores.



## **5.5 Volcanes activos Argentinos con erupción en los últimos 10000 años**

### Provincia de Salta

Socompa (6051 m) 7200 años atrás

### Provincia de Catamarca

Lulliaillaco (6739 m) 1877, 1868, 1854

Antofalla (6100 m) 1911?, 1901?

Nevado Ojos del Salado (6887 m) 1000-1500 años atrás

### Provincia de Mendoza

Tupungatito (6000 m) 1986, 1980, 1968, 1964, 1961, 1960, 1959, 1959, 1958, 1946-47, 1925, 1907, 1901, 1897, 1889-90, 1881?, 1861, 1835?

San José (5856 m) 1960, 1959, 1895-97, 1889-90, 1881, 1822-38

Maipo (5264 m) 1912, 1905, 1826, 1822?

Planchón-Peteroa (4109 m) 2010-2011, 2006?, 1998, 1991, 1967, 1962, 1960, 1959, 1938, 1937, 1889-94,?, 1878, 1872?, 1869?, 1860, 1842?, 1837, 1835, 1762, 1660.

### Provincia de Neuquén

Tromen (3978 m) 1822?

Copahue (2965 m) 2000, 1995, 1992, 1961, 1960, 1944, 1937, 1867?, 1759?, 1750?

Lanin (3747 m) 1600 y 2160 años atrás

Huanquihue (2189 m) 200 años atrás

### Provincia de Santa Cruz

Lautaro etc.

Viedma (1500 m) 1988?

# Manual de Procedimientos ante Caída de Cenizas Volcánicas



**Esquema volcanes activos de los Andes Argentino-Chilenos**

## **6.- EFECTOS SOBRE LA SALUD**

Actualmente, casi el 10% de la población mundial (aprox. 455 millones de personas) vive en un radio de 100 km de un volcán activo. Si bien muchas personas aprovechan este rico recurso, la ceniza volcánica pueda causar problemas a las personas expuestas a ella por un largo período de tiempo. A pesar que las erupciones volcánicas son de corta duración, la ceniza puede mantenerse en el aire por años, siendo finalmente removidas por la actividad antrópica o por vientos. 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 ( $\text{SiO}_2$ ) como vidrio y fases cristalinas (cristobalita), álcalis (óxidos de potasio y calcio), azufre, manganeso, cobre, zinc y plomo, entre otros. Los efectos de las cenizas sobre la salud pueden ser divididos en varias categorías: (a) efectos respiratorios, (b) síntomas oculares, (c) irritación cutánea, y (d) efectos indirectos. Es importante considerar que estos efectos pueden ser potenciados por la presencia de gases y aerosoles volcánicos en las inmediaciones de los centros eruptivos.

### **6.1.- 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 (Sección 1), 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 pre-existentes 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 que no dan inicio a reacciones tóxicas. En algunas erupciones, las partículas de cenizas son tan finas que al respirar se 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 dan inicio a 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.

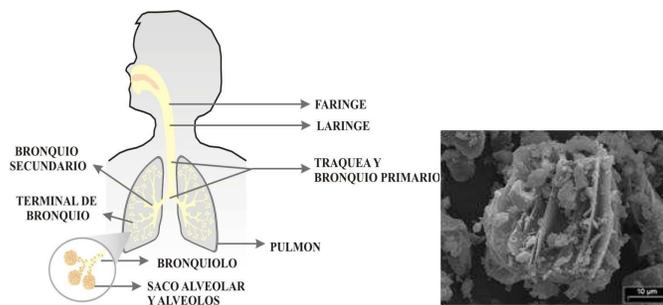


Figura 6.1: Diagrama de las diferentes partes del pulmón. La región alveolar pulmonar está formada por aproximadamente 300 millones de alvéolos.

**Composición mineralógica:** La ceniza contiene fases cristalinas y entre ellas, el mineral cristobalita ( $\text{SiO}_2$ ) 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 ( $\text{SiO}_2$ ), 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 broncopulmonar. 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<sup>3</sup> 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.

Hasta la fecha, la mayor parte de los estudios epidemiológicos han mostrado que la ceniza volcánica es capaz de causar problemas a corto plazo, como asma, bronquitis e inflamación de los pulmones. Sin embargo pocos estudios han tratado los problemas a largo plazo, pues por mucho tiempo no se realizó el seguimiento de las poblaciones afectadas. Los resultados dependen muchas veces de la dosis administrada, así como del tiempo de exposición. De igual manera que para las enfermedades relacionadas al consumo de cigarrillo, el tiempo de exposición es crucial. Los síntomas aparecen años o décadas después del inicio del tiempo de exposición. Estos problemas se incrementan para cada volcán cuando la ceniza volcánica es diferente en composición y distribución del tamaño de partículas, y por ende en su toxicidad potencial. Las características de la ceniza pueden incluso variar para un mismo volcán, puesto que puede cambiar en su estilo eruptivo.

### 6.1.1.- Máscaras protectoras de polvo para protegerse de las cenizas volcánicas

Habitualmente, probablemente porque es lo que la población comprende se habla de protegerse con barbijo. En realidad el barbijo es un elemento de los usados por el equipo médico o en cocinas para

evitar que microgotas de saliva, y otros fluidos caigan sobre el paciente o alimentos respectivamente. Es una mera barrera, de muy baja performance. Para estos casos es mejor el uso de máscaras o mascarillas para polvo, descartables o no, que suelen conseguirse en ferreterías. Debido a que este producto no es abundante en el mercado, puede sustituirse por otros, pero que cumplan la misma función, tales como pañuelos de trama fina y puesto en varios dobleces, cuellos de tela “polar” de trama apretada, barbijos dobles o triples, etcétera.

El uso de estos elementos “caseros” son para exposiciones en cortos períodos, pero para el personal que trabaja al aire libre durante la caída de cenizas se recomienda el uso de máscaras descartables o máscaras con filtros intercambiables. Para la población en general, el uso de máscaras solo es necesario cuando las partículas suspendidas superan los niveles ambientales. Para quienes están involucrados en tareas de limpieza o tareas al aire libre, es recomendable que las máscaras deben usarse todo el tiempo.

Para protegerse de las cenizas volcánicas son apropiadas las máscaras descartables, de alta eficiencia y livianas, que tienen una tecnología que permite retener las denominadas partículas respirables. Existen dos normas (una americana y la otra europea) que indican con diferentes nombres los respiradores acorde al factor de seguridad que ofrecen. Las máscaras más adecuadas son las que llevan la marca “CE”, lo cual muestra que han sido probadas bajo un estándar reconocido. También llevarán la marca con el estándar (por ejemplo, EN 149:2001 en la Unión Europea, o N95 en los Estados Unidos de Norteamérica), y un código adicional tal como FFP1 (eficiencia baja), FFP2 (eficiencia media), o FFP3 (eficiencia alta). En las máscaras hechas en la Unión Europea se marca FFP = Pieza de Fase de Filtrado. El standard N95 en USA alcanza el equivalente al FFP2 o FFP3. Cuanto más alto es el número de FFP, mayor protección provee el respirador, si se usa adecuadamente.

Las máscaras desechables cubren la nariz, la boca y parte del mentón. Algunas de ellas tienen válvulas. Para sujetarla en su posición, tienen una banda elástica para pasar alrededor de la cabeza y del cuello. Las máscaras provistas de válvulas son más confortables, especialmente para quienes usan anteojos que pudieran empañarse. Son apropiadas para climas cálidos y húmedos.

Para la población en general expuesta a partículas suspendidas de polvo volcánico, la máscara FFP1 puede ser apropiada si los niveles de polvo no son elevados. Para trabajadores involucrados en tareas de limpieza y otras de alta exposición, las FFP2 y FFP3 son las que se recomiendan. Pero, para quienes trabajan continuamente en ambientes con polvo, las máscaras con filtros intercambiables serán más apropiadas y también resultan más cómodos.



Figura : (a) barbijos médicos; (b) Máscara descartable con válvula; (c) Máscara descartable sin válvulas; (d) Máscara con filtro intercambiable doble; (e) Máscara con filtro intercambiable simple

Una máscara debe (i) proveer adecuada protección; (ii) ajustarse adecuadamente y ser compatible con otro equipo personal de protección que deba ser usado al mismo tiempo; (iii) debe ser siempre usado correctamente para ser totalmente efectivo.

Los respiradores sólo protegen si se ajustan perfectamente, sin ninguna fuga alrededor de la nariz o mentón. Aún los respiradores más caros pueden ser inadecuados si no sellan perfectamente en la cara. Consecuentemente una barba o patillas pueden afectar el ajuste y reducir la protección. No será posible

que toda la población encuentre la máscara que se ajuste a cada individuo. Desafortunadamente los respiradores no están hechos para caras infantiles. Por esta razón los niños deben quedarse a resguardo dentro de la casa, evitando estar en ambientes con presencia de cenizas.

Aunque las máscaras sean desechables, si la cantidad disponible es limitada, pueden ser reutilizadas si se las almacena en una bolsa o caja limpia, asegurándose que no penetre polvo del exterior que las contamine. No deben ser colgadas en un ambiente polvoriento. Deben volver a usarse a la menor señal de dificultad respiratoria.

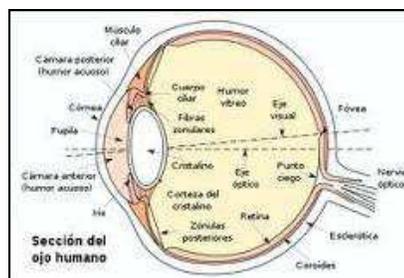
### 6.2.- Síntomas oculares

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.



### 6.3.- 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.



### 6.4.- 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 (ver Sección 7, Calidad de Agua).

- **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 han 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.

- **Otros riesgos** serios para la vida durante erupciones grandes incluyen inundaciones (debido a lluvias fuertes ocasionadas por la acumulación de grandes nubes de cenizas), y la formación de lahares o avalanchas de barro volcánico durante lluvias fuertes, cuando grandes cantidades de cenizas en las laderas pueden ser desplazadas, afectando seriamente a las comunidades cercanas.

### 6.5.- 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



## *Manual de Procedimientos ante Caída de Cenizas Volcánicas*



actividad volcánica, el temor que la familia sufra las consecuencias del fenómeno, el miedo 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 ayuda humanitaria y 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.

En la comunidad, es importante que el adulto recobre la integridad física, psíquica y emocional que le permita enfrentar con éxito las adversidades y transmitir un sentimiento de esperanza a niños, jóvenes y ancianos que necesitan ejemplos de optimismo y seguridad en sí mismo.

- Durante un fenómeno adverso los adultos deben ser cariñosos y mostrar su fortaleza; apoyando con palabras, gestos y actitudes a los menos fuertes, sin olvidar que el afecto es la herramienta que permite transformar un período difícil en una experiencia constructiva.
- Aceptar la realidad y tener la conciencia que estos fenómenos naturales acontecen a lo largo y ancho del mundo y no son un castigo contra uno. Las erupciones volcánicas ocurren desde millones de años y se repetirán por millones de años más.
- Conversar con familiares, amigos y vecinos de la gravedad del momento ayuda a recobrar la fuerza. Confortar es aliviar el dolor y hace que el prójimo se sienta comprendido.
- Mantener constantemente reuniones en la Comunidad para discutir como hacer frente a la calamidad. Compartir experiencias y desavenencias refuerza la respuesta de la Comunidad, mantiene la cohesión social y evita que las dificultades pasen a ser origen de conflictos.
- Saber que de las dificultades surgen grandes fortalezas; hacer frente a las adversidades naturales es también moldearse a ellas y aprender cosas nuevas.
- Los niños padecen angustia: hay que mostrarles cariño, dialogar con ellos, averiguar como sigue su desenvolvimiento en la escuela y ayudarlas en las tareas.
- Motivarlos puede ser de gran ayuda en los momentos difíciles.
- Alabar las actitudes acertadas de los hijos y reflexionar con ellos abiertamente sobre hechos o situaciones.
- Prestar atención a los enfermos y discapacitados: hay que hacerles entender que pueden contar con Usted.

## 7.- EFECTOS EN EL MEDIO AMBIENTE

### 7.1. 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 pública, 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**.

Vulnerabilidad relativa a la contaminación de origen volcánico de los suministros de agua (Johnston, 1997).				
	Río/arroyo	Reservorio	Acuífero	bebederos
química	Bajo a medio	Bajo a medio	bajo	alto
pH	Bajo a medio (*)	Bajo a alto (*)	bajo	alto
turbidez	alto	Medio a alto	bajo	alto

(\*) Depende del espesor de la ceniza y la relación de volumen de agua

Impacto	Comentario
Impacto físicos de las cenizas	<ul style="list-style-type: none"> <li>• la naturaleza abrasiva de las cenizas pueden causar un aumento del desgaste de los equipos</li> <li>• naturaleza corrosiva de la ceniza puede dañar aparatos eléctricos y corroer estructuras metálicas, tales como tuberías</li> </ul>
Escasez de agua	La excesiva demanda del agua para la limpieza de caída de ceniza
Turbidez	• La suspensión de cenizas en el agua aumenta la turbidez, lo que puede hacer que el agua no sea potable .
Acidificación	• Las capas superficiales de cenizas frescas son altamente ácidos, debido a los aerosoles volcánicos adsorbidos H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> , HCl, HF
Contaminación por fluor	• El fluoruro de HF fácilmente lixiviados de cenizas frescas; puede exceder los límites de seguridad para las personas y los animales
Otros contaminantes	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cenizas recién caídas liberan componentes solubles en reservorios de agua.</li> <li>• Los principales componentes de los lixiviados: sulfato, Cl, Na, Ca, Mg, F</li> <li>• Menor componentes lixiviados: Mn, Zn, Ba, Se, Br, B, Al, Si, Cd, Pb, As, Cu, Fe</li> </ul>

### 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 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, 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. La principal preocupación de la intoxicación por flúor es para el ganado, que pastan en la hierba con cenizas como fue el ejemplo de la erupción del volcán Lonquimay (Chile, 1989) donde se observó casos de osteofluorosis en el ganado del centro de la provincia del Neuquén.

Más de 55 componentes solubles han sido informados en los lixiviados de cenizas volcánicas, generalmente se producen en las concentraciones más altas con los aniones  $\text{Cl}^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  y  $\text{F}^-$  y los cationes  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Na}^+$  y  $\text{Mg}^{2+}$ .

Concentración (mg L <sup>-1</sup> )	Efectos sobre la salud	Población afectada (%)
1	Fluorosis dental	1 – 2
2	Fluorosis dental	10
2.4 - 4.1	Fluorosis dental	33
8	Osteosclerosis (en rayos X)	-
>10	Fluorosis en esqueleto	-

Efectos sobre la salud por ingestión de fluoruro en agua potable. (siguiendo a Kaminsky et al., 1990)

Es frecuente que ocurra envenenamiento en animales que pastorean en campos donde ha caído cenizas con alto contenido de HF (mayores a 250 ppm). La situación más peligrosa para los animales de pastoreo está generalmente a una distancia del volcán en erupción donde la capa de cenizas y tefra es tan delgada que no se puede diferenciar del pasto. El envenenamiento puede ocurrir en regiones donde se ha depositado sólo 0.5 mm de cenizas. El envenenamiento agudo puede venir acompañado de depresión, salivación, pérdida de apetito y de coordinación, respiración anormal, secreciones nasales, ataques convulsivos, edema pulmonar, daño renal o hepático, ceguera, coma y muerte.

		USEPA <sup>a</sup>		WHO <sup>b</sup>	New Zealand <sup>c</sup>		Japan <sup>d</sup>	Potential effects if standard exceeded <sup>e</sup>
		Primary standards (MCLs)	Secondary standards	Health standards	Health MAVs	Aesthetic GVs		
<i>Elements of health significance</i>								
Antimony	Sb	0.006		0.02	0.02			Increase in blood cholesterol; decrease in blood sugar
Arsenic	As	0.01		0.01	0.01		0.01	Skin damage, increased cancer risk
Barium	Ba	2		0.7	0.7			Hypertension
Boron	B			0.5	1.4		1.0	May affect male reproductive tract
Bromate <sup>f</sup>	Br	0.01		0.01	0.01		0.01	Increased cancer risk
Cadmium	Cd	0.005		0.003	0.004		0.01	Kidney damage
Chromium	Cr	0.1		0.05	0.05		0.05	Allergic dermatitis
Copper	Cu	2		2	2		1	Liver or kidney damage
Fluoride	F	4		1.5	1.5		0.8	Dental and skeletal fluorosis
Lead	Pb	0.015		0.01	0.01		0.01	Impairs development and learning in children
Lithium	Li				1			g
Molybdenum	Mo			0.07	0.07			g
Mercury	Hg	0.002		0.001	0.002		0.0005	Kidney damage
Nickel	Ni			0.02	0.02			g
Nitrate	NO <sub>3</sub>	44.3		50	50		44.3	Can cause blue-baby syndrome in infants
Selenium	Se	0.05		0.01	0.01		0.01	Liver or kidney damage; damage to circulation and nervous systems
Thallium	Tl	0.002						Blood, kidney, liver or intestine problems
<i>Elements influencing drinking water acceptability</i>								
Acidity	H <sup>+</sup>		pH 6.5–8.5		pH 7–8.5	pH 5.8–8.6		Low pH: bitter metallic taste, corrosion High pH: soapy feel, soda taste
Aluminium	Al		0.05–0.2		0.1	0.2		Floc deposits, discolouration
Chloride	Cl		250		250	200		Salty taste
Copper	Cu		1		1	1		Metallic taste, blue-green staining
Hardness	Ca +Mg				200	300		Scale deposits and scum formation
Iron	Fe		0.3		0.2	0.3		Rusty colour, metallic taste, red staining
Manganese	Mn		0.05		0.04	0.05		Black or brown colour, black staining, bitter metallic taste
Sodium	Na				200	200		Salty taste
Sulphate	SO <sub>4</sub>		250		250			Salty taste
Zinc	Zn		5		1.5	1		Metallic taste

g No information available.

a The United States Environmental Protection Agency has a two-tier system for the regulation of drinking water quality. The National Primary

Drinking Water Standards set Maximum Contaminant Levels (MCLs) that are legally enforceable, for the protection of public health. The National Secondary Drinking Water Regulations are non-enforceable guidelines regulating contaminants that may cause cosmetic or aesthetic effects but are not a health risk. See EPA (2002)

b The World Health Organisation defines guideline values for a range of chemicals of health significance. No formal guidelines have been set for chemicals affecting the acceptability of drinking water, though a discussion of concentration values required to meet acceptability criteria is provided. See WHO (2004)

c The Drinking Water Standards for New Zealand 2005 set Maximum Acceptable Values (MAVs) for determinands of health significance. Guideline Values (GVs) have been set for aesthetic determinands (similar to acceptability determinands). See MOH (2005)

d One set of drinking water quality standards have been established for Japan, by the Ministry of Health, Labour and Welfare. See <http://www.jmwa.or.jp/frame-02.html>

e Discussion based on information provided by USEPA

f Bromate is a disinfection by-product following ozonation

Comparación de estándares de agua potable (concentración en mg/L)

## Análisis de cenizas volcánicas por lixiviación y métodos recomendados

Las partículas de cenizas volcánicas son capaces de expulsar componentes volátiles tomados de la pluma que eyecta el volcán a la atmósfera, compuesta de cenizas y gases (ver Sección 1, ¿Qué son las Cenizas?). Así los sulfuros, halógenos (Cloro, Fluor, etc.) y otros elementos potencialmente dañinos, se

Grupo de Estudio y Seguimiento de Volcanes Activos

precipitan rápidamente. El proceso por el cual las cenizas absorben elementos volátiles se conoce rudimentariamente, pero algunos de los controles son:

- *Tipo de magma y composición de las cenizas*
- *Modo de erupción*
- *Dispersión gas inmediatamente después de la fragmentación del magma.*
- *Concentración de los gases (fumarola)*
- *Proporción de partículas con relación al gas*
- *Tamaño de las fracciones de partículas*
- *Superficie, porosidad y textura de las partículas*
- *Historia de la temperatura y química de la trayectoria de partículas a través de la fumarola*
- *Condiciones ambientales, incluyendo el viento y la humedad;*
- *Amplitud de la interacción hidrotermal en el volcán.*

La concentración de diferentes componentes químicos medidos en estudios de cenizas lixiviadas, depende no solo de los procesos y mecanismos de absorción, pero también de:

- *Localización-distancia desde el volcán y relación con la dirección del viento*
- *El pH de la solución usada para lixiviar, y el tipo de ácido utilizado, si es que lo hubo*
- *La concentración de la solución para lixiviado de cenizas*
- *El tiempo que dura el contacto de la solución para lixiviado con las cenizas*
- *La fracción de tamaño de grano utilizada*
- *Si las muestras fueron enterradas antes de lixiviarse, exponiendo mayor superficie vesicular*
- *La contribución de expulsiones secas después de la expulsión de cenizas*
- *Cualquier lluvia o aumento de humedad (tal como niebla) después de la expulsión*
- *Tiempo transcurrido desde la recolección de la muestra hasta el momento del análisis*

Por ejemplo, las fracciones pequeñas usualmente dan más alta concentración de elementos que las partículas más grandes y los tratamientos de lixiviados ácidos generalmente despegan cantidades mucho más grandes de las cenizas que los lixiviados de agua. Estos factores de control, exceptuando las condiciones que siguen a la expulsión, pueden ser controladas metodológicamente.

La estandarización de los resultados puede ser favorecida colectando cenizas frescas inmediatamente después de la erupción. Esto reducirá el riesgo de pérdida de componentes solubles en agua en caso de caída de lluvia, aunque muchas erupciones son acompañadas por lluvia.

La composición de los lixiviados puede también ser modificada por la disolución parcial de las partículas de cenizas, pero comparando los constituyentes del lixiviado con la composición de la masa cenizas podrá ayudar a discriminar el origen de las especies. Adicionalmente, la detección de ciertos elementos en los concentrados lixiviados puede depender de la presencia de otras especies bajo ciertas condiciones de pH, (por ejemplo, Aluminio puede reducir Fluor).

Estas especies pueden ser subsecuentemente **lixiviadas** (por ejemplo por la lluvia), provocando cargas pesadas en suelos y cuerpos de agua. La lixiviación resultante pone en riesgo los medios acuáticos, vegetales y suelos, así como la salud humana. Muchas erupciones resultaron contaminantes

aparentemente, de pastizales, algunas veces con serios impactos en el ganado. La preocupación incluye la pureza del agua potable después de una caída de cenizas, requiriendo la necesidad de muestrear regularmente el agua de algunas áreas volcánicas.

Los principales controles sobre las concentraciones de cenizas volcánicas lixiviadas se enumeran a continuación, así como una base de datos sobre métodos usados previamente para su muestreo y análisis. Se sugiere un método Standard para el muestreo de cenizas volcánicas lixiviadas, esperando que permita la comparación entre anteriores y futuros estudios.

**Recomendaciones:** Para facilitar la comparación entre los resultados de los estudios de lixiviación sugerimos utilizar el siguiente método:

- Usar equipo de polietileno en todas las etapas del análisis;
- Deben tomarse las primeras cenizas (antes que hubiese llovido o que se hubiesen depositado a través de nubes o niebla). Si no son las primeras, debe anotarse esto en el reporte. Debe anotarse también el tiempo transcurrido entre la erupción y la colecta de muestras;
- La solución de lixiviado debe ser agua destilada desionizada;
- No debe usarse “non-ground ash” ninguna de cualquier tamaño de fracción de partícula del sitio muestreado para el lixiviado;
- Debe conservarse la proporción de 1:25 de ceniza (g) a agua (ml);
- Agitar la mezcla de ceniza-lixiviado durante 90 minutos (preferentemente sacudiéndola), en un contenedor sellado;
- Filtrar la mezcla usando filtros de membrana de acetato libre de “surfactant” (los más comunes son los fabricados por Millipore y Whatman). Centrifugar las muestras antes de filtrarlas permitira acelerar la filtración y facilitara la recuperación de la muestra de cenizas. Para el análisis de mercurio, se requiere adicionar un preservativo en una porción separada, para evitar la volatilización o absorción en las paredes del contenedor;
- Analizar las muestras filtradas de lixiviado, utilizando equipo disponible como cromatógrafos iónicos, espectrómetros ICP, o electrodos selectivos de iones, con apropiadas soluciones standard para calibración;
- Secar y pesar cada muestra de cenizas y determinar su distribución de tamaño de partícula (para muestras de lixiviado pequeñas, de 1-2 gr, el cernido de una mayor cantidad o una muestra por volumen evitará pérdidas mayores en el tamizado);
- Idealmente, repetir el análisis con muestras de cenizas similares para obtener una media para ese sitio muestral;
- Presentar resultados en mg/kg de cenizas, asentando la distancia desde la chimenea, la distribución del tamaño de partícula y la cantidad de muestras analizadas.

Si se usan otras técnicas, debe describirse completamente el método, particularmente la proporción de cenizas a agua. Este método recomendado no se basa en un estudio exhaustivo para encontrar condiciones óptimas, sino más bien en la frecuencia de utilización en trabajos previos. Sugerimos lixiviado de agua desionizada, por su uso frecuente, disponibilidad, facilidad de uso en campo, y comparabilidad con agua potable. Un lixiviado suavemente ácido es más representativo de agua de lluvia, particularmente en la proximidad de una erupción activa, de manera que un análisis repetido de cenizas con una solución ácida puede también ser revelador. Las concentraciones de ácido utilizadas en estudios previos varían de 0.1 a 0.0001M (pH 1- 4) y los lixiviados pueden estar compuestos ya sea de ácido nítrico ( $\text{HNO}_3$ ) o de ácido hidroclicórico (HCl). Para facilitar el análisis de Cl, recomendamos usar ácido



## *Manual de Procedimientos ante Caída de Cenizas Volcánicas*



nítrico a solución Standard de 0.001M (pH 3). Este nivel de acidez es manteniendo el pH en agua de lluvia, medido en regiones volcánicas activas. Para examinar los efectos detallados del lixiviado en agua de lluvia, se debe conocer la composición del agua de lluvia en la región de interés para lograr una solución representativa adecuada.

Recomendamos el uso de una muestra completa de cenizas para el lixiviado, ya que así se evita la contaminación que pudiera ocurrir al separarla en fracciones por tamaño. Esto también da los valores más representativos para la carga total de lixiviados en cada sitio.

El tiempo de agitación recomendado, así como falta de agitación proviene del método de Taylor y Stoibel (1973), usado en la mayoría de los trabajos. La combinación de los 90 minutos de tiempo reagitación con el tiempo de contacto fue seleccionado de estudios que examinaron cambios en los tiempos de lixiviado en el tiempo. En todos ellos, la lixiviación ocurrió mayormente durante los primeros 60-100 minutos. Para una pronta valoración de los iones lixiviables en el campo donde se teme una amenaza a la salud, la agitación se puede reemplazar sacudiendo rápidamente a mano la mezcla de cenizas y agua. De esta solución de lixiviado pueden posteriormente analizarse los más importantes iones, utilizando electrones de ion. El resultado dará un mínimo de concentración para las cargas de lixiviado y debe dársele un seguimiento analizando las cenizas por medio del método completo.

Se recomienda el uso de la unidad mg ion/kg de ceniza para reportar lixiviados, porque permite comparar la absorción entre tamaño de partículas, lugares muestrados y volcanes, y calcular las masas volátiles de la fumarola donde se conoce el total de la masa expulsada de cenizas. Si se reporta el volumen de lixiviado, se pueden calcular los montos de lixiviado en diferentes sitios, y extrapolar a arreadse deposición más amplias. Este enfoque asume que la mayoría de las especies de lixiviado son por absorción y no por volumen. Para estudios sobre salud y ambientales, reportes de concentración en el lixiviado (mg L) pueden ser útiles.

## 7.2. 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 SO<sub>2</sub>, HF, sulfato (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), CO<sub>2</sub>, HCl y H<sub>2</sub>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 de los mismos 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 (ver sección 6.1). 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 µm de diámetro), no han sido entendidos, pero son de preocupación actual.

Estudios recientes sugieren que aún a bajos niveles (<100 µg/m<sup>3</sup>) 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 µm. 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 pre-existentes pueden experimentar reacciones a menores concentraciones que otros (ver sección 6.1).

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 µg/m<sup>3</sup> (promedio 24 horas). Para Argentina el nivel es de 150 µg/m<sup>3</sup> (promedio 1 mes) según ley 20284 del 16/4/73 (para mayor información ver <http://www.cepis.ops-oms.org>).

Las emisiones volcánicas particuladas pueden causar problemas sobre una amplitud de distancias desde el volcán y pueden encontrarse altos niveles de material particulado a decenas de kilómetros.

La Dirección de Promoción y Protección del Ministerio de Salud, a través del Departamento de Salud Ambiental, comenzó la gestión del Programa Nacional de Calidad del Aire y Salud en 1993. El monitoreo de la calidad del aire se lleva a cabo conjuntamente con instituciones provinciales y organismos municipales que integran la Red Nacional de Calidad del Aire y Salud.

La Subsecretaría de Medio Ambiente cuenta con una unidad móvil equipada para el monitoreo en forma automática y continua, de hasta 12 contaminantes atmosféricos y siete parámetros meteorológicos.



**Monitores de Calidad de Aire instalados en Esquel a través de la Secretaría de Medio Ambiente de la Nación**



### Gases

Las emisiones gaseosas solo pueden afectar a poblaciones que se localizan muy cerca de los volcanes, por lo que no son un peligro en el caso de los volcanes localizados en territorio chileno. Las emisiones más preocupantes son SO<sub>2</sub>, HF, sulfato (SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), CO<sub>2</sub>, HCl y H<sub>2</sub>S, aunque existen otras especies volátiles que pueden afectar la salud humana

#### **i) Dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)**

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<sub>2</sub> 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<sub>2</sub> forma ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>), 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. En el cuadro 3 se describen los efectos en la salud en función del límite de exposición.

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

Umrales de concentración de dióxido de azufre en partes por millón (ppm) para efectos a la salud

En 1971, el USA EPA fijó los niveles de SO<sub>2</sub> que pueden causar daños significativos a la salud de las personas, estableciéndolos en 2620µg m<sup>-3</sup> (1ppm) (promedio de 24 horas). Cuando las partículas de material u otras huellas de componentes están también presentes, este nivel baja. Los lineamientos de SO<sub>2</sub> para el ambiente y las ocupaciones en Argentina (ley 20284; 16/4/1973) son de 1 ppm (en 1 hora de exposición promedio) (para más información ver <http://www.cepis.ops-oms.org>)

Las concentraciones de SO<sub>2</sub> 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 (H<sub>2</sub>S)

El sulfuro de hidrógeno o ácido sulfhídrico es un gas incoloro con un olor distintivo. La percepción del olor del H<sub>2</sub>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 H<sub>2</sub>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. Los umbrales de concentración para efectos a la salud se observan en el cuadro 4.

Límite 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

Umbral de concentración de sulfuro de hidrógeno en partes por millón (ppm) para efectos a la salud

Muchos países/organismos, no tienen niveles de calidad de aire para  $H_2S$ , ya que no es percibido como un problema en la mayoría de las regiones. Este gas se encontró en concentraciones peligrosas en las proximidades de fumarolas y de cráteres de volcanes, así como en áreas geotérmicas y de manantiales.

### iii) Dióxido de carbono ( $CO_2$ )

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 ( $CO_2$ ) 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  $CO_2$  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  $CO_2$  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.

Límites 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.

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

Las máscaras de gas pueden no resultar efectivas para protegerse de concentraciones altas de CO<sub>2</sub>, debido a la falta de oxígeno. Por lo tanto, se recomienda la evacuación inmediata de las zonas de trabajo o habitacionales cuando las concentraciones exceden 1.5% por volumen (el límite del valor de la exposición ocupacional por tiempo corto).

Las descargas de CO<sub>2</sub> durante erupciones, por las chimeneas y por el suelo (como gas difuso) pueden resultar peligrosas cuando las concentraciones son muy altas y el gas es atrapado cerca de la superficie. Las emisiones son más peligrosas cuando se acumulan en espacios confinados tales como depresiones topográficas naturales, excavaciones y pozos o sótanos. Se han reportado muertes (personas y animales) debido a un aumento de concentración de CO<sub>2</sub> en varios volcanes del mundo. Las emisiones de gas CO<sub>2</sub> de la tierra ponen en riesgo a trabajadores y habitantes de las áreas volcánicas y geotérmicas, debido a su difusión en lugares cerrados. Por ejemplo:

- Monte Mammoth, USA: una cantidad de casos de semi asfixia fueron reportados por gente que ingresaba a pequeñas cabinas cubiertas de nieve en el área del Monte Mammoth (Farrar et al., 1995; Sorey et al., 1998). Concentraciones letales también se encontraron en una cabaña y una cueva cerca del Lago Horseshoe en la montaña, y como consecuencia se canceló el uso nocturno de un campamento en el área (Farrar et al., 1995).

- Furnas, Azores: En la Caldera de Furnas, los niveles de CO<sub>2</sub> medidos a nivel del suelo variaron entre el fondo (<1.5%) hasta el 100%. Cerca de un tercio de las casas en el poblado de Furnas, localizado en la caldera, se situaban en áreas con suelos de elevada degasificación de CO<sub>2</sub> en 1993. Espacios cerrados, sin ventilación y algunas casas contenían niveles de CO<sub>2</sub> que podían causar asfixia y las observaciones realizadas sugerían que podían ocurrir fugas grandes y potencialmente letales de CO<sub>2</sub> repentinamente (Baxter et al., 1999).

- Rotorua, Nueva Zelanda: Se encontraron altos niveles de CO<sub>2</sub> en edificios de Rotorua, que está localizada en una área geotérmica activa. Aquí, la concentración a puertas cerradas puede alcanzar el 2%, y cerca de las áreas de expulsión el 15% (Durand & Scott, 2003).

- Distrito Volcánico de Alban Hills, Italia: Se han asociado las elevadas concentraciones de CO<sub>2</sub> con la muerte de por lo menos 10 personas en la región italiana central del Lacio durante los últimos 20 años (Beaubien et al., 2003). La asfixia de 29 vacas por CO<sub>2</sub>, en un área altamente poblada cerca de Roma, en septiembre de 1999 motivó la realización de estudios de gas proveniente del suelo, para examinar la distribución de los riesgos locales a la salud. (Beaubien et al., 2003; Carapezza et al., 2003). Los estudios demostraron que las concentraciones de CO<sub>2</sub> a 1.5 metros de altura por encima del suelo en un área habitacional en el lado noroeste de Alban Hills excedía episódicamente el umbral ocupacional de 0.5%. A 0.75 m de altura sobrepasaba, frecuentemente era de 0.3 – 0.5% (Carapezza et al., 2003), sugiriendo un aumento de peligro para los niños.

#### 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. Los umbrales de concentración para efectos a la salud se muestran en la siguiente tabla.

Límites de exposición (ppm)	Efectos a la salud
5<	Tos
35	Irritación de garganta solo después de corto tiempo
35<	Severas dificultades respiratorias y inflamación de la piel o quemaduras
10-50	Máximo nivel que puede ser ininterrumpido durante horas
100<	Hinchazón de los pulmones y a menudo espasmo en la garganta
50-1,000	Exposición máxima posible de una hora
1,000-2,000	Muy peligroso aún en una corta exposición

Efectos a la salud por exposición respiratoria a hidrócloruro. (Baxter, 2000; Faivre-Pierret and Le Guern, 1983 y sus referencias; NIOSH, 1981; Saxo y Lewis, 1989)

#### v) Fluoruro de Hidrógeno (HF)

No existen ejemplos documentados de HF volcánico gasificado en concentraciones altas en locaciones donde pudiera producir un efecto adverso sobre la salud humana. Aún así, durante una explosión eruptiva HF y fluoruro pueden condensarse en partículas de cenizas y tefra en la fumarola, formando una capa exterior de fluoruro absorbida en partículas. Partículas más pequeñas dan lugar a una mayor superficie de contacto permitiendo una mayor absorción de fluoruro por unidad de masa que las partículas grandes. Estas pequeñas partículas transportadas más lejos de la fuente volcánica, de manera que se extiende considerablemente más allá de la fuente volcánica. Ya que el fluoruro es altamente soluble en agua, rápidamente se introduce en las corrientes de agua, si la ceniza encuentra suelo húmedo o lluvia.

El HF es un gas incoloro con un olor fuertemente irritante, soluble al agua en todas las proporciones tiene un sabor ácido y es 30% menos denso que el aire.

La absorción de fluoruro por exposición es principalmente a través del tracto respiratorio. Su alta solubilidad en agua hace que la absorción por la nariz y tracto respiratorio superior sea rápida. Los vapores de este gas son irritantes severos para los ojos, membranas mucosas y sistema respiratorio superior, y la inhalación puede producir úlceras en el tracto respiratorio superior. Las exposiciones de corta duración causan irritación extrema y quemaduras en la piel y membranas mucosas. Exposiciones frecuentes o prolongadas a bajas concentraciones, pueden causar cambios en los huesos, así como irritación crónica en la nariz, garganta y pulmones. En la siguiente tabla se describen los umbrales de concentración que afectan la salud.

Límites de exposición (ppm)	Efectos sobre la Salud
<3	Irritación de nariz y ojos
3<	Síntomas respiratorios y oculares pronunciados, incluyendo ardor de garganta y tos después de 1 hora
30	Los síntomas respiratorios empeoran. Pueden ser tolerados durante varios minutos
50-250	Peligroso aún durante una breve exposición
120	Máxima concentración en el aire puede ser tolerada por un minuto. Comezón sobre la piel, conjuntivitis e irritación del tracto respiratorio.

Cuadro 7: Efectos a la salud por exposición respiratoria de gas hidrógeno de fluoruro (Baxter, 2000; NIOSH, 1981; Sax y Lewis, 1989)

## 8.- EFECTOS EN EL SECTOR AGROPECUARIO

### 8.1.- EFECTOS GENERALES DE LAS CENIZAS SOBRE ANIMALES Y RECOMENDACIONES

La región puede ser afectada de diferente manera, tanto en cantidad de material depositado como por el estado de humedad. En algunas zonas el efecto puede ser atemperado por la lluvia y en otras el polvo en suspensión resulta ser la mayor complicación.

Los animales a los cuales hace referencia este manual, son el ganado, animales domésticos, peces y animales silvestres. Se los trata por separado a cada uno, ya que cada grupo de animales requiere de un cuidado distinto y reacciona de distinta manera a las cenizas de acuerdo a sus hábitos y características.

Cabe destacar, que el mayor riesgo que presentan las cenizas para los animales, sean domésticos, bovinos, u ovinos y/o caprinos, es la ingestión de las mismas. Si el animal ingiere las cenizas, el mismo puede desarrollar problemas digestivos por la acumulación de cenizas volcánicas en el estómago, o intoxicación si las cenizas contienen HF.

#### **(I) Efectos sobre la hacienda**

La situación del estado corporal de la hacienda dependerá de la época y la región. Se complica aún más si se padece de los efectos de la sequía y la ceniza, y su estado corporal se deteriorará a la salida del invierno, por lo que será necesario monitorear la situación.

Los principales efectos sobre la salud animal son:

- En la actividad pecuaria el impacto suele ser grave dependiendo mucho de la composición química del material piroclástico y de los gases volcánicos. Elementos químicos como el flúor, cadmio, plomo, níquel, arsénico, y mercurio, son causas serias de intoxicaciones y muertes del ganado. Los animales de pastoreo y aquellos que consumen frutas y verduras, son los más susceptibles a ingerir cenizas, y desarrollar los problemas que esto trae aparejado. La ingestión ininterrumpida de cantidades pequeñas pero tóxicas de flúor en la dieta o en el agua de bebida, da a lugar a la enfermedad conocida como *Osteofluorosis*. Esta se caracteriza por la alta concentración de flúor en el suero sanguíneo, orina y tejido óseo que clínicamente se traduce por claudicaciones, desgaste temprano de los dientes, tumefacciones y dolor articular, y en algunos casos fracturas espontáneas de huesos largos. Esto dependerá de la cantidad ingerida, la edad y el tipo de animal. Se comporta como una enfermedad que puede durar años y respecto a su presentación y evolución, puede haber un período prolongado entre la ingesta de elevados niveles de flúor y la aparición de signos tóxicos. En ovinos los niveles de tolerancia oscilan entre 60 y 15 ppm de la ración seca total. En bovinos es de 40-100 ppm, aunque si la ingestión es continua la tolerancia es de 30 ppm (0,003 %). Respecto al agua de consumo, hasta 5 ppm se presenta lesiones leves, más de 10 ppm desgaste de dientes y mayor a 30 ppm lesiones más graves. La inhalación directa no contribuye significativamente con la acumulación de flúor en los animales, mientras que las plantas raramente absorben cantidades apreciables.
- Irritación de ojos: Se está observando irritación de los ojos de los animales fundamentalmente a nivel de conjuntiva y globo ocular (Foto 1). Si estos problemas se agravaran se recomienda realizar un diagnóstico diferencial entre lo que pueden ser lesiones irritativas o ulcerativas, por un efecto mecánico de las cenizas, de la enfermedad conocida como Queratoconjuntivitis o Ceguera, que es producida por agentes infecciosos. También el hábito de pastorear en contra del viento influye en el

impacto que las partículas de ceniza ejercen en los ojos de los animales, disminuyendo su visión o perdiéndola totalmente según la intensidad del viento. Suelen presentar alteraciones oculares que van desde el lagrimeo hasta conjuntivitis con exudado y cúmulos de cenizas. En animales caídos pueden ocurrir queratoconjuntivitis uni y bilaterales, y aberturas nasales con gran cantidad de mucus y ceniza incorporada. Los equinos también pueden sufrir de conjuntivitis producido por la introducción de partículas volcánicas.



Foto 1: conjuntiva ocular irritada y congestiva (cita)

- Dificultades en la respiración: Se ha observado dificultad respiratoria, en relación con abundante cantidad de cenizas suspendidas en el aire y el estado de agitación de los animales, razón por la cual, se recomienda no mover o agitar a los animales, a fin de no agravar la situación. En forma paralela se podrá observar un aumento en la cantidad de moco en las narices, lo cual no debe alarmar, ya que esto es una respuesta defensiva natural del organismo, para eliminar de las vías respiratorias y pulmones las partículas de cenizas que han ingresado con la respiración.
- Problemas digestivos: Los animales pueden morir por inanición si la capa de cenizas es suficientemente espesa como para sepultar las pasturas. En el caso de animales ovinos, prácticamente los animales rechazan el forraje saturado de cenizas. Al estar los pastos cubiertos de cenizas, los animales ingieren una cantidad importante de cenizas, que puede ser mayor en las áreas donde no ha llovido y menor donde los pastos han sido “lavados” por la lluvia. La acumulación y pasaje de cenizas por el tracto digestivo de los animales puede generar algunas alteraciones como diarreas y presencia de bolos ruminales, erosiones a nivel de la mucosa digestiva en rumiantes, y erosiones y cólicos en equinos que pueden llevar a la muerte (en equinos). En el caso de los ovinos, hay que estar atentos, porque un cambio en la dieta como la que ha generado la erupción volcánica, o las suplementaciones indiscriminadas sin período de acostumbramiento, puede desencadenar brotes de Enterotoxemia.
- Caquexia por Inanición: En las zonas donde ha caído una cantidad abundante de cenizas se le suma la sequía general, es probable que se produzcan muertes por debilidad extrema o caquexia.
- Problemas dentarios: Por sus propiedades abrasivas, la ceniza ingerida y masticada junto con el forraje provocará un desgaste acelerado de la dentadura de todos los herbívoros. Se espera un desgaste prematuro de la dentadura y pérdida de dientes, lo cual habrá que tenerlo en cuenta al momento de planear la reposición.
- Además de los efectos en el tracto respiratorio y las mucosas oculares, las cenizas penetran en el vellón de los ovinos alcanzando un peso considerable, más aún si se humedecieran por efecto de alguna lluvia (el vellón pesa el doble de lo normal en ejemplos obtenidos después de erupción del volcán Hudson). Si el animal está debilitado por falta de forraje y de agua, este peso suele "voltrear" al animal impidiéndole caminar. En estos casos la muerte es inminente.
- Se aprecia que en los momentos del día donde aumenta la velocidad e intensidad del viento, se producen tormentas de ceniza, que alteran el comportamiento de la hacienda: los animales se desorientan,

caminan sin rumbo, se amontonan, y por consiguiente, dejan de comer y beber. También el hábito de pastorear en contra del viento influye en el impacto que las partículas de ceniza ejercen en los ojos de los animales, disminuyendo su visión o perdiéndola totalmente según la intensidad del viento.

- Se espera para la próxima esquila disminución de la calidad de la fibra por déficit nutricional y contaminación del vellón con cenizas.
- Asimismo, en relación a la producción de corderos se deberá estar muy atentos a la nutrición de los animales en el último tercio de gestación.
- Si la erupción coincide con la época de servicio en lanares, aquellos que hacen inseminación artificial se verán afectados ya que deben hacer un manejo de los animales muy intensivo. Las pérdidas que pueden ocurrir en plantales de alta genética podrían reducirse manteniendo, dentro de lo posible, protegido a los animales. Naturalmente esto depende del tamaño del plantel. En los campos donde hay servicio natural podrían verse afectado el porcentaje de preñez.
- Las cenizas según densidad y tamaño de partículas pueden afectar seriamente las fuentes de agua, siendo más vulnerables las aguadas de aguas quietas (tajamares, lagunas, pozones, bebederos) que las de arroyos o ríos. Por su gran capacidad de absorber la humedad, una gran acumulación de cenizas puede llegar a secar las aguadas pequeñas o convertirlas en pantanos donde los animales más débiles queden atrapados. El material depositado anula totalmente la disponibilidad de agua ya que los animales no pueden acceder a la misma por el barro que se forma en los bordes.

### **Impacto sobre las fuentes forrajeras naturales y el ganado, según espesor del manto de cenizas.**

(a) Impacto Cenizas: Muy Grave a Grave (*con una capa de ceniza caída de 10-15 cm o 3-10 cm, respectivamente*)

Suele impactar las fuentes forrajeras naturales cubriendo un casi todo el forraje disponible en el área. El único forraje disponible puede ser el del interior de algunos arbustos y cañaverales con menor cantidad de cenizas. Si hay precipitaciones, puede provocar el lavado parcial del forraje. Los vientos dejan bastante desprovisto de la cobertura de cenizas, con lo cual se presentarían disponibles para el consumo animal. El problema puede radicar en la época del año en el que ocurre el evento volcánico en Patagonia. Si la erupción es en otoño o a principios del invierno, la oferta de los principales arbustos forrajeros (e.g.: Manuel Choique, Neneo) es exclusivamente estival, lo que significaría un aporte nulo de forraje de calidad para esta época. Los arbustos que presentan follaje en esta época del año, básicamente no son forrajeros (e.g.: Charcao Verde, Mataperro). Por comentarios de productores, durante la erupción del Cordón Caulle (2011), las ovejas y las chivas se encuentran ramoneando los arbustos, mientras que el problema principal son los animales jóvenes (Chivitos y Corderos) los cuales aparentemente no estarían ramoneándolos. Las matas de gramíneas forrajeras (e.g.: Coirón Poa, Coirón Duro) pueden presentar una altura un tanto superior al perfil de cenizas (más de 8 cm. de alto), con lo cual tendrían una disponibilidad parcial, al menos, para ser pastoreadas por los animales.

Las precipitaciones (que superen los 10 mm.) lavarían los arbustos y “plancharían” el perfil de cenizas, el cual liberaría la cobertura forrajera. Los mallines, por comentarios de productores, suelen encontrarse prácticamente tapados, dado que generalmente se encuentran en los sectores más bajos y allí es donde se produce las mayores acumulaciones de cenizas por efecto del viento.

**La afectación sobre el ganado Bovino, Ovino, Equino y Caprino** es grave debido a que el forraje ingerido contiene gran cantidad de ceniza pegada por la humedad.

Los Bovinos ramonean arbustos y sotobosque con dificultad, y el forraje ingerido contiene gran cantidad de ceniza pegada por la humedad, la cual puede provocar en los Bovinos un desgaste prematuro de la dentadura y empastes, con la ceniza que no es eliminada en las heces, que dificultarían la digestión. Se pueden registrar casos de diarrea y abortos. Se podrá visualizar animales postrados y animales desplazándose en las rutas en busca de forraje.

Los Ovinos están siendo afectados de manera similar y dependen de la suplementación con heno. Son los más afectados porque no tienen acceso a la fuente de forraje natural y tienen una gruesa capa de ceniza húmeda entre las fibras de lana, que aumenta considerablemente el peso, esto provoca el “volteo” de los animales y la muerte de los mismos.

Los Equinos rechazan el forraje sucio con cenizas y dependen únicamente del suministro de heno y/o granos, y al igual que los Ovinos pueden estar muy afectados. Como ocurre con los Bovinos se pueden registrar casos de diarrea y abortos.

Los caprinos parecen ser los menos afectados en el momento de la caída de cenizas, por sus hábitos de alimentación, aunque a mediano plazo serán afectados como el resto de los rumiantes.

### (b) Impacto Cenizas: Leve a Moderado (*con una capa de ceniza caída < 3 cm*)

El impacto sobre las fuentes forrajeras naturales suele ser Leve a Moderado respecto al anterior. Igual situación es el impacto sobre el ganado. En estos casos el material acumulado es escaso, más fino y se observa polvo en suspensión. De ser posible, se debería encerrar animales a la noche y darles forraje. Se observará una elevada incidencia de problemas oculares, relacionados con el polvo en suspensión. El viento incrementaba el material en suspensión acentuando los problemas mencionados anteriormente.

### Algunos antecedentes

Durante el episodio de la erupción del Volcán Lonquimay (Chile 1989), las cenizas caídas en el centro de la provincia del Neuquén revelaron un alto contenido de flúor, bajo la forma de ácido hidrofúrico; la íntima relación suelo-planta-animal determinó niveles tóxicos de éste elemento en el ganado ocasionando Osteofluorosis. También se observó pérdidas de peso, alteraciones en el ciclo estral (anestro) con falta de procreación, esto determinó grandes pérdidas económicas en la producción pecuaria regional. En cambio, lo ocurrido el 17 de mayo de 1994 con la erupción del Volcán Llaima fue de mucha menor significación, escaso material volcánico emitido, área de riesgo más estrecha y por los análisis efectuados, no poseía elementos tóxicos, sino más bien abrasivos e irritativos que actúan sobre las mucosas conjuntivales y respiratorias. Estos dos volcanes chilenos tuvieron su repercusión mayor en la pecuaria neuquina.

Con posterioridad a la erupción del Hudson, los animales vivos presentaron estado de caquexia (enflaquecimiento) y debilidad extrema. En los animales muertos se pudo observar en pre-estómago y en el intestino delgado un sedimento de consistencia arenosa (cenizas) mezclado con el contenido gastrointestinal. Además se observaron gran cantidad de corderos recién nacidos muertos a causa del abandono de su madre.



Aguada con altos contenidos de ceniza. Posible contaminación del agua y empantanamiento de animales

### **(II) Efecto sobre animales domésticos**

Los animales domésticos al no alimentarse de pasturas, son menos susceptibles al peligro. Los problemas que atañen a este grupo de animales son, además de la ingestión, respiratorios, ulceraciones de la piel, irritaciones en los ojos (por exposición) y oídos (por la acumulación de ceniza volcánica).

### **(III) Efecto sobre los peces**

Respecto a cómo las cenizas afectan a los peces, un experimento realizado en Estados Unidos luego de la erupción del Santa Helena sobre una población de salmones, mostró que va a depender de varios factores: si es un cuerpo de agua estancado o de baja circulación (lago, laguna, etc.) o es un río, la cantidad de cenizas que caiga, y el tamaño medio de la ceniza. Analizando estos factores determinaron que para un cuerpo de agua estancado, si la caída de cenizas es menor a 25 cm. en una columna de agua de aproximadamente tres metros, los daños son de imperceptibles a mínimos, ya que la decantación de la ceniza es muy efectiva.

En cambio, en un río, la resuspensión de las cenizas por las corrientes es muy importante, y esto provocaría una mayor mortandad de los peces principalmente por problemas respiratorios. Los habitantes de los alrededores del volcán Chaiten han encontrado peces muertos en los causes de ríos. Las cenizas en los ríos pueden producir problemas branquiales y la muerte por asfixia debida, principalmente, a los sólidos suspendidos en el agua. La mortandad estaría asociada principalmente al bloqueo de la superficie de osmorregulación de éstos animales, y la imposibilidad de intercambio de oxígeno.

Experimentalmente se notó que al aumentar la cantidad de cenizas en el agua, mayor era la mortandad en intervalos de tiempo más cortos. Los resultados obtenidos indican que para relaciones material en suspensión/agua mayores a 34.9 gr/litro traería como consecuencia una muy alta mortandad de peces, mientras que relaciones menores a 0.5 gr/litro no causarían ningún efecto dañino.

Dependiendo de la naturaleza de las cenizas, éstas pueden contener metales pesados, que al ser traspasados al agua, producen intoxicación por metales pesados (Cobre, Fierro, Zinc y Aluminio) en los peces. Este tipo de intoxicación produce mortalidades agudas en los estadios más pequeños de los peces. En el caso de la engorda de salmónidos, los peces se someten a análisis de laboratorio para establecer la ausencia de sustancia contaminantes y metales pesados por cada lote de cosecha, por lo que se asegura que llegue un producto apto para el consumo humano. En los peces nativos esto no sucede.

Es importante además tener en cuenta la composición química de la ceniza, ya que la misma puede variar el pH del agua pudiendo llegar a ser nocivo para la población acuática.

En resumen, la principal causa de mortalidad se debería a los sólidos suspendidos disueltos en el agua que mata directamente a los peces por anoxia. Puede haber un efecto tóxico de algunos metales pesados (eso se comprueba con análisis del agua) en peces en estadios más pequeño.

A modo de antecedente, en el caso de la erupción del volcán Llaima (que fue mucho menor en su expulsión de material) la población de peces se vio afectada principalmente por la cantidad de sedimentos. Al analizar el agua sólo se detectó un aumento en los niveles de azufre, sin presencia de metales pesados.

Es importante realizar análisis de aguas para establecer la cantidad de metales pesados y otros contaminantes en los ríos y luego del evento analizar los efectos sobre la población local de peces.

### **(IV) Efectos sobre la fauna silvestre**

Respecto a la fauna silvestre, la cubierta de cenizas como las partículas en suspensión afectan de modo diverso a las especies, modificando su hábitat (cubriendo entrada a madrigueras, senderos, fuentes de alimento y agua, etc.) y su comportamiento (migración, desorientación, etc.). En casos estudiados en la erupción del volcán Hudson se observó muertes por inanición o sed, y migraciones en busca de zonas libres de cenizas. Las aves pequeñas sufrieron alteraciones en el vuelo y lesiones oculares (aparente ceguera).

## **Recomendaciones para el bienestar de animales**

### **Medidas preventivas**

#### **Para el ganado**

- Realizar un censo, por lo menos aproximado, de la cantidad de cabezas de ganado que poseen para permitir la evaluación de pérdidas en caso de producirse. El SENASA local o regional puede colaborar en estos aspectos.

- Se debe rápidamente caracterizar las áreas de riesgo y la población animal expuesta, incluidas todas las especies y sectores productivos, así como los factores de tipo geográficos, productivos, económicos y sociales que pueden influir favorable o desfavorablemente sobre los efectos esperados. Tener en cuenta la situación respecto a los animales que se trasladan a las zonas de veranada. En este aspecto, es apropiado aconsejar el ascenso tardío para ocupar estos pastoreos, mientras se mantenga la alerta de erupción.

- Identificar áreas que estén libres de la influencia de la lluvia de cenizas, para poder trasladar a los animales hacia dichas áreas en caso de que se produzca un evento de caída extraordinario.

- Establecer posibles rutas y planes de evacuación hacia esas áreas. Determinar el máximo de animales que pueden evacuarse en un viaje, o en un determinado tiempo. Determinar el tiempo que sería necesario para evacuar a todos.

- Evacuar los animales de las áreas de peligro inminente. Esto requiere planes que deben incluir las rutas de evacuación de los animales, garantizar agua y alimentos, qué hacer con los productos de origen animal que pueden contaminarse a consecuencia de estos fenómenos, etc.

- Intente tener un orden determinado de evacuación: que animales o tipos de animales se evacuaran primero y cuales después.

- Mantener un contacto con autoridades que puedan llevar a cabo o facilitar los planes de evacuación. Tener en claro si esta debe realizarse a pie o en camiones ya que esto modificará radicalmente la cantidad de animales que se pueda trasladar.

- En el caso de poblaciones muy cercanas al volcán fuente de la lluvia de cenizas, asegure una reserva de forraje y agua limpia para que consuma el ganado que no pueda ser evacuado durante la caída de cenizas.

### Para animales domésticos

- Asegurar una reserva de alimento y agua potable para evitar que luego consuman ambos contaminados.

## Respuesta (Durante la emergencia)

### Para el ganado

- Estabular en la medida de lo posible los animales para evitar su libre pastoreo. Evitar el movimiento de animales a menos que sea imprescindible. El esfuerzo genera mayor requerimiento en comida y los animales se agitan incrementando la aspiración de cenizas. Si de todas maneras fuera necesario mover o encerrar el ganado:

- *evitar los días o las horas en que sopla el viento.*

- *hacerlo en horas de la mañana cuando aun hay rocío o escarcha, y la ceniza se encuentra compactada en el suelo o retenida en las plantas, no generando una nube*

- *moverlos muy lentamente para no levantar las cenizas del suelo*

- *evitar que los animales se agiten, ya que en la medida que aumenten la frecuencia respiratoria, aspirarán más cenizas, incrementándose de esta manera la dificultad respiratoria y los riesgos de problemas pulmonares a futuro.*

-Fuentes de agua: Las cenizas según densidad y tamaño de partículas pueden afectar seriamente las fuentes de agua, siendo más vulnerables las aguadas de aguas quietas (tajamares, lagunas, menucos, pozones, bebederos) que las de arroyos o ríos. Aleje a los animales de las zonas próximas a los cuerpos de agua en donde la ceniza haya caído masivamente. Asegurar la provisión de agua de bebida, manteniendo despejadas las aguadas o proveyendo agua de bebida a través de tanques u otra forma posible a definir en cada caso. En el caso de cenizas en las aguadas no revolver las mismas. Hay que procurar tapar las vertientes descubiertas, con polietileno, maderas o chapas. Si el agua de consumo para los animales proviene de arroyos turbios, deberá dejarse reposar en bebederos improvisados para que decante y los animales puedan tomar el agua limpia. Si fuera posible estos bebederos deberán estar bajo alguna cobertura. Aunque si bien se recomienda dejar que las cenizas sedimenten, seguramente las partículas mas finas quedarán en suspensión enturbiando el agua. Si se dispusiera de cauces naturales o vertientes ofrecer a los animales aguas en movimiento.

-Pastizales: El espesor de la capa de cenizas caída puede variar según la zona. Las cenizas, cuando se acumulan en cantidades importantes (más de 15 cm) terminan cubriendo los pastos, impidiendo el acceso de los animales a la fuente forrajera. En el caso de los ovinos, estos rechazan el forraje saturado de cenizas. Ante esta situación la única alternativa es la administración de heno, pellets de alfalfa, alimentos balanceados u otro forraje. En este caso se debe suministrar el mismo en los cuadros, evitando el traslado de los animales. Como se mencionó, en este caso la categoría más



## *Manual de Procedimientos ante Caída de Cenizas Volcánicas*



afectada son los ovinos y habrá que priorizar los vientres. En las zonas más afectadas será necesario proveer de forraje. Trate de aprovisionarse de forraje pensando que lo necesitará más adelante.

- Si el espesor de la capa de cenizas caída es leve y cubre parcialmente el pasto y los animales pueden acceder al pasto, en estos casos habrá ingesta de ceniza, que si bien hasta ahora no es tóxica, producirá a mediano o largo plazo un desgaste prematuro de la dentadura y posiblemente algunos empastes en el rúmen.
- Según la etapa del ciclo productivo, y si se está finalizando el servicio o ya ha finalizado, la suplementación de forraje debe ser evaluada considerando la disponibilidad en el campo y el estado de los animales. Es de destacar que finalizado el servicio los animales presentan requerimiento nutricionales de mantenimiento, los cuales aumentarán sustancialmente en un par de meses con la gestación avanzada. Suplementar con forraje si hay una caída brusca de la condición corporal y se observa debilidad en los animales, a fin de disminuir el riesgo de muertes por inanición y debilidad extrema.
- En los casos que los animales pierdan estado corporal, siendo la categoría más crítica y de mayor riesgo las ovejas preñadas. En muchos casos será necesario suplementar con alimentos concentrados durante los últimos 45 días de gestación. Por lo tanto se recomienda prever el almacenamiento de forraje, en lugares que no sean alcanzados por las cenizas.
- Conviene no exigir demasiado a los caballos de trabajo. Si es posible, no usar el mismo animal a lo largo de todo el día. Un morral puede hacer las veces de barbijo para proteger a los animales más valiosos.
- Los caballos de trabajo deberán ser alimentados únicamente con forraje limpio o grano y será importante el cepillado intenso en el lomo, antes de ponerle el recado o montura para evitar lastimaduras importantes.
- En todos los caso debe tenerse en cuenta que en los animales, el cambio de dieta debe efectuarse en forma gradual (período de acostumbramiento). En animales que nunca han sido suplementados debe tenerse en cuenta el reconocimiento de nuevos forrajes para su consumo.
- No se justificaría la aplicación de vitamínicos, minerales, antiparasitarios, vacunas, medicamentos en general o tratamientos para paliar los problemas irritativos en ojos y diarreas, salvo que los especialistas lo sugieran, ya que ello implicaría juntar la hacienda y como hemos mencionado mas arriba, está contraindicado. Además implicarían un gasto y un movimiento de animales innecesario, probablemente sin resultados positivos.
- La ceniza en los ojos de los animales pueden producir irritaciones, una buena y económica forma de tratamiento es aplicar té común con una gasa o trapo suave y limpio.
- Si bien puede haber problemas oculares, respiratorios y de la lana de los animales, no se recomienda el uso de medicamentos o baños, ya que los mismos aplicados innecesariamente agravarían la situación. Ante la duda sobre cualquiera de estas afecciones se recomienda consultar al veterinario o a las organizaciones citadas.
- Los problemas que pueden aparecer con la dentadura y acumulaciones de material en el aparato digestivo, no tienen efecto de corto plazo.
- Aquellos animales, que por su condición corporal o edad, corran severos riesgos de mortandad (actual o futura), deberían ser descargados de sus campos (venta de animales secos, capitalización de vientres).
- Descargar lo más posible el campo de hacienda, seleccionando y dejando únicamente vacas y ovejas madres y caballos de trabajo. En vacunos sacar los terneros y las vacas vacías al tacto. En ovinos reducir al mínimo los capones y sacar ovejas viejas, vender los corderos o dedicarlos al engorde



## Manual de Procedimientos ante Caída de Cenizas Volcánicas



intensivo. Atrasar la fecha y dar servicio sólo a las ovejas que estén en buena condición corporal ya que de otro modo se vera agravada la situación con el avance de la preñez. En situaciones de emergencia lo importante es preservar los vientres.

- Las categorías seleccionadas para descartar se pueden vender. Siempre es mejor vender barato un animal a que se muera en el campo con la consiguiente pérdida del capital.
- Las agencias de extensión del INTA y técnicos del Programa de Desarrollo Ganadero, Ley ovina, Ley caprina, SENASA, Subsecretaria de Desarrollo y Agricultura Familiar, entre otros, pueden ser consultados/as para los detalles de cómo implementar estas recomendaciones, así como para canalizar sus dudas.
- En este sentido, los técnicos de las organizaciones que trabajan en su zona intensificarán el monitoreo en las zonas afectadas y son los que darán las indicaciones para cada caso. En algunos lugares el efecto de la ceniza se puede combinar con el de la sequía y en estos casos es probable que los animales pierdan estado corporal, siendo la categoría más crítica y de mayor riesgo las ovejas preñadas. En muchos casos será necesario suplementar con alimentos concentrados durante el último tercio de gestación. Para estos casos se suele recomendar el uso de “granos vestidos”, como la avena o cebada, ya que tienen un mayor contenido de fibra lo cual les genera menor riesgo de acidosis.
- Para zafra posterior a la caída de cenizas (según época del año), puede haber una disminución en el rinde de la lana. Estos efectos dependerán de la cantidad y características del material depositado, en relación a emisiones del volcán y factores climáticos como el viento y las precipitaciones.
- En el caso de sistemas intensivos de engorde a corral deberán considerarse la remoción del material en comederos y aguadas, y la restricción por un par de días del pastoreo, de pasturas diferidas, en los cuales se ha acumulado ceniza sobre la vegetación.
- Recuerde siempre ante la duda consultar al veterinario o a técnicos de las organizaciones que trabajan en su zona.
- Si los animales se guardan en establos, cubra con telas gruesas las puertas y ventanas del mismo, para filtrar las cenizas que pudieran ingresar.
- Si los animales entran en contacto con la ceniza y luego se guardan en establos, cepíllelos antes de volver a ingresarlos para mantener el establo libre de cenizas y evitar que luego los animales la consuman tanto en el alimento como en el agua, o la respiren.
- También aves, conejos, y cerdos sufren al aspirar ceniza. Lo mejor será que queden bajo techo o al reparo en los momentos en que haya más ceniza en el aire.
- Tenga en cuenta que al reparo de los árboles habrá menos ceniza volando en el aire que en campo abierto.

### **Para animales domésticos**

Mantenga las mascotas adentro de la casa. Si es indispensable que salgan, tenga en cuenta los siguientes consejos:

- *Proteja, de ser posible, la nariz y boca con toallas mojadas y hasta con barbijos.*
- *Humedezca varias veces al día las fosas nasales con agua o leche para mejorar la resistencia de los animales a la alcalinidad de las cenizas*
- *Limpiar por lo menos una vez al día, con algodón, los oídos para evitar acumulación en ellos de cenizas.*

- Limpiar los ojos con agua pura o un colirio para que mantengan una buena visibilidad y evitarles irritación en los ojos.
- Cepillar el pelo de la cabeza a la cola y viceversa para evitar ulceraciones en la piel
- Limpiarles las patas al momento de hacerlos entrar y limpiar el lugar donde estén para evitar que se le peguen cenizas en las patas.
- Evite que jueguen, o husmeen en lugares donde haya acumulaciones de cenizas.
- Si los animales domésticos se alimentan de algún elemento balanceado solo es necesario tener cuidado con el agua que ingieren, pero si por el contrario se alimentan por su cuenta, es necesario evitar esto y procurarles comida y agua libres de ceniza.



Evite la exposición de animales domésticos

### Rehabilitación (Posterior al evento)

#### Para el ganado

- Recuento el ganado para evaluar las posibles pérdidas.
- Asegúrese que los animales solo pastoreen en campos libres de la cobertura de cenizas, o se alimentan de pasturas y beban agua no contaminada. La alimentación de los animales debe cuidarse hasta que se este seguro de que no pueden ingerir cenizas más que en cantidades accidentales y pequeñas. Una vez aseguradas estas condiciones, se puede volver el ganado de sus áreas de evacuación.
- Asegúrese de remover los cuerpos de los animales que hayan muerto durante y por exposición en alguna de sus formas a la ceniza volcánica. Esto evitará la contaminación del área (aguas, vegetación) por la descomposición del cuerpo y ayudará a la prevención de otras enfermedades.

#### Para animales domésticos

- Evite que jueguen o se revuelquen en lugares con acumulaciones de ceniza, de ser posible manténgalos dentro hasta que estas hayan sido recolectadas. RECUERDE que las cenizas entran fácilmente en suspensión y pueden afectarles la piel, ojos y vías respiratorias.
- Asegúrese que no beban agua o se alimenten en lugares contaminados, manténgales una provisión de agua potable y alimento libre de ceniza hasta que esta haya desaparecido el peligro de ingesta.



## *Manual de Procedimientos ante Caída de Cenizas Volcánicas*



- Continúe durante algunos días con las medidas aplicadas durante la caída para evitar trastornos por la resuspensión de las cenizas.

## **8.2.- EFECTOS GENERALES DE LAS CENIZAS SOBRE VEGETACIÓN Y RECOMENDACIONES**

Si bien la caída de ceniza volcánica es una novedad para los habitantes de la región, es parte de un ciclo natural. Es el material sobre el cual se formaron los suelos de la región andino patagónica y que influyó sobre muchos otros de la Argentina. La ceniza es un aporte de nutrientes minerales que puede variar en su composición mineralógica. La variabilidad es alta entre los distintos volcanes, independientemente de la distancia, incluso pudiendo cambiar en el tiempo desde un mismo centro eruptivo. Esta constituida por minerales como: sílice ( $\text{SiO}_2$ ) en forma de vidrio, cuarzo-cristobalita, feldspatos, biotita, hipersteno y hornblenda, entre otros. Estos minerales (silicatos) constituyen un "almacén" de nutrientes que se van liberando con el tiempo. Hay que esperar a que esa capa se integre al suelo existente para mensurar su efecto positivo, proceso que puede implicar cientos de años. El movimiento y acumulación de ceniza puede provocar problemas en la salud y en la economía regional, particularmente en la asociada al sector agropecuario. No obstante, desde el punto de vista del suelo, es sólo una etapa más en su largo y lento desarrollo.

En un primer momento, el efecto de la acumulación de ceniza y de posibles lluvias ácidas (según proximidad) en el suelo es contaminante, por los componentes químicos que queman la vegetación e inutilizan el suelo por varios meses. La agricultura puede verse afectada cuando la ceniza se deposita sobre los árboles y las plantas, haciendo que éstas se desgajen o que sus hojas se aniquilen.

El pH por lo general se acidifica, relacionado con la propia composición mineralógica de la ceniza. Con respecto a los nutrientes, cabe señalar que el material recién eyectado carece de ellos y recién con el tiempo, la descomposición de la ceniza, aporta diferentes elementos. La ceniza tiene un contenido medio de fósforo de entre 10 a 20 ppm, de calcio entre 1.000 a 2.000 ppm y de magnesio valores que pueden ser mayores a 180 ppm. También tiene un alto porcentaje de azufre, aunque se observaron cambios según la muestra considerada (por ejemplo, una muestra tomada en Esquel el 5/5/08 indica un tenor de sulfatos de 151 miligramos por kilo de cenizas ( $\text{SO}_4^{2-} = 151 \text{ mg kg}^{-1}$ )).



**Estepa cubierta de cenizas luego de la erupción del volcán Chaitén**

Además, el suelo puede verse afectado por el impacto que las cenizas pueden producir en la calidad del agua como consecuencia de la disminución del pH a valores más ácidos (por los ácidos minerales fuertes  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{HCl}$  y  $\text{HF}$  que se generan en contacto con agua) de lagos, ríos y arroyos más allá de los límites aceptables y alterar sus características de sabor, olor, color y turbiedad.

Además, la contaminación química puede ser potencialmente nociva en el caso de los lixiviados. Los más comunes son lixiviados de Cl, SO<sub>4</sub>, Na, Ca, K, Mg, F y otros elementos, que pueden encontrarse a concentraciones más bajas incluyen Mn, Zn, Ba, Se, Br, B, Al, Si, Cd, Pb, As, Cu y Fe. El exceso de flúor se reconoce como uno de los más peligrosos lixiviados para humanos y animales.

La granulometría es importante, teniendo en cuenta el efecto que le puede generar al suelo. La granulometría fina facilita su rápida alteración, sin embargo, con las primeras precipitaciones se podría esperar alguna reducción en la infiltración por obstrucción de los poros. Como consecuencia aumentaría el escurrimiento superficial, aunque esto estará vinculado a la intensidad de las lluvias, al espesor de la capa de ceniza y el relieve. Por el contrario, las granulometrías gruesas, no generan este efecto, y podrían ser beneficiosos en bajas cantidades mejorando los suelos arcillosos.

Puede generarse también contaminación biológica debido a muerte de organismos (mamíferos y peces) en el agua y por crecimiento microbiano en el agua turbia.

Inmediatamente después de la erupción del volcán Hudson en 1991, se comprobó que bajo el manto del material volcánico depositado, diferentes especies vegetales se encontraron en etapas anticipadas de germinación y rebrote. Este efecto no está vinculado a un mejoramiento químico del suelo, sino que puede atribuirse al efecto aislante térmico que ejerce la cobertura de cenizas. Respecto al pastizal, según el espesor de la cobertura de las cenizas, el espacio entre arbustos queda cubierto, en tanto que arbustos altos quedan cubiertos solo parcialmente por acumulaciones a sotavento. El viento puede producir alta removilización de material, y acumularlo en sectores dando lugar a la formación de dunas que sepultan la vegetación.

En zonas productoras de frutales o cultivos que dependen de la floración, por el efecto de los fuertes vientos el material removilizado rompe los brotes, afectando enormemente a los mismos.



En los suelos con horizontes superficiales de textura fina, la incorporación de ceniza, mediante un laboreo adecuado, mejoró la condición física de los mismos, aumentando la porosidad y su capacidad de retención de humedad. El aporte de elementos fertilizantes, por parte de las cenizas, fue de escasa importancia cuantitativa. En 1998, siete años después de la erupción del Hudson, se comenzó con la recuperación de las tierras, gracias a la asistencia de los técnicos del INTA. Aunque la ceniza no operó como fertilizante de los suelos, sirvió para mejorar las condiciones con respecto a la permeabilidad del agua y la aireación del estrato. En la actualidad, el cultivo de cerezas es todo un éxito en Los Antiguos, con variedades diferentes, que están consideradas entre las mejores del mundo.

Otro tema a considerar es el de las plagas. En Los Antiguos observaron ataques severo de pulgones en los álamos, orugas en las malezas y luego en los cultivos.

En síntesis, algunos efectos sobre la agricultura son:

- Las características de la ceniza y el impacto de sus partículas impulsadas por el viento provocan abrasión y heridas sobre la superficie de las hojas, frutos y flores.
- El peso de la ceniza acumulada voltea o aplasta contra el suelo hojas tiernas y pastos.
- Con la humedad de lluvias leves y el rocío, las partículas se adhieren a la superficie de las hojas y dificultan las funciones de fotosíntesis y respiración.
- La colmatación y taponamiento de canales, acequias y zanjas de drenaje con ceniza fue un grave problema en Santa Cruz con la erupción del volcán Hudson, pero en Esquel no ha sucedido por el escaso aporte de cenizas. Las mediciones realizadas hasta el momento indican que la ceniza acumulada es de unos pocos milímetros no llegando al centímetro.
- El tamaño de partículas de esta ceniza es similar al de una arena fina. Su incorporación en el suelo contribuye a mejorar propiedades físicas como la permeabilidad y la aireación.
- La ceniza volcánica es mucho menos rica en minerales necesarios para las plantas que la ceniza de madera, empleada tradicionalmente como fertilizante. Los nutrientes presentes en mayor cantidad en las cenizas del Chaitén fueron el calcio y el azufre (vale aclarar: en las cenizas caídas hasta ahora), pero sólo habría aportes significativos al suelo si todo el material precipitado se incorpora naturalmente o mediante una labranza y no es arrastrado por el viento o el escurrimiento superficial del agua de lluvia. En esa situación ideal, y teniendo en cuenta las mediciones de ceniza caída en varios puntos del Valle 16 de Octubre, la fertilización resultante sería equivalente a muy altas aplicaciones de cal agrícola y yeso o azufre elemental.
- La aparición de plagas con posterioridad al evento puede ser muy perjudicial a los cultivos y es necesario realizar un seguimiento de las mismas.

Para finalizar, se reitera que los efectos químicos sobre el suelo -tanto favorables como desfavorables- de la lluvia de cenizas dependerán de cuánto de ésta se mezcla efectivamente con la tierra.

### **Acciones del sector para paliar efectos en suelo y vegetación**

#### **a. Medidas preventivas**

- Para áreas bajo riesgo es importante realizar un estudio de cortinas forestales así como el método de implantación de los mismos, con la finalidad de frenar el viento proveniente del oeste, ya que, de ocurrir una erupción el viento removilizará cenizas por largo tiempo. Esta es una medida a largo plazo que debería implementarse en los lugares donde no se ha previsto.
- Ante la emergencia por la erupción es importante buscar alternativas de producción agrícola. Debido a que la caída de ceniza perjudica el normal proceso de fotosíntesis en las plantas llegando a ocasionar hasta la muerte del vegetal y considerando que el sílice (Si) y el azufre (S) contenidos en la ceniza volcánica queman las flores, y que la planta no logra la formación de frutos y semillas, la mayoría de cultivos a campo abierto son vulnerables a las caídas de ceniza volcánica.

#### **b. Durante la emergencia**



## *Manual de Procedimientos ante Caída de Cenizas Volcánicas*



- Realizar la limpieza y mantenimiento de los canales de riego, los que se podrán colmatar por las cenizas caídas, las transportadas por acción del viento y las que arrastra el agua. Estos sistemas de riego al transportar agua con cenizas provocan embancamiento de los mismos ocasionando serias dificultades a los productores en el momento del riego.
- Se debe recurrir, dependiendo del volumen, al empleo de retroexcavadoras, motoniveladora y tractores provistos de zanjadoras y se debe tener en cuenta donde se derivará el material extraído.
- Se debe determinar el circuito para efectuar limpiezas periódicas.
- Se deben mantener limpios los sifones para lograr que circule el agua y no se taponen con material. Es lo que mayor dificultad presenta para ser desobturados, por las dimensiones pequeñas que poseen (tanto en diámetro como longitud). La extracción deberá ser manual mediante cuadrillas de limpieza. En la localidad de Los Antiguos llevaba cuatro días desobturar uno de ellos y al cabo de un día se volvía a obstruir. La solución que encontraron al problema fue la eliminación de saltos disipadores de energía próximos a los sifones y el ascenso de la solera de la misma, incrementando la energía potencial del agua.
- De ser posible se debe elegir zonas de descarga de sedimentos. Se ubican en determinados tramos de los canales compuertas precarias con el fin de derivar hacia zonas de descarga (antiguos meandros, etc) el sedimento barrido por medio del incremento temporario de caudales. Una vez subsanado el problema, se restaura el sistema eliminando las compuertas provisorias.
- Si no se puede acceder con máquinas a algunos tramos de los canales de riego para realizar la limpieza, se deben construir nuevos canales que actúen de “by-pass”.
- Si el diseño original de la red de riego tiene poca pendiente y dificulta el suministro de agua, esto favorecerá al embancamiento de cenizas. Para contrarrestar se deben efectuar modificaciones en la solera de los tramos comprometidos, brindando un correcto dominio y pendientes adecuadas (entre 1,5 y 2 por mil) permitiendo velocidades de arrastre mayores.

### **Medidas para paliar efectos en el suelo y vegetación**

Una alternativa viable para mantener la producción de vegetales es el establecimiento de huertas bajo microtúneles las cuales, estando cubiertas con una lámina de plástico transparente, pueden producir las hortalizas que proporcionan el complemento necesario para la alimentación diaria de la familia aún cuando se presenten continuas caídas de ceniza.

Procedimiento  
para la  
construcción de  
una huerta bajo  
micra túnel

- Elegir un terreno de 1.20 m. de ancho por 14 m. de largo que no tenga demasiada inclinación.
- Preparar el terreno incorporando materia orgánica descompuesta.
- Colocar 4 estacas de 1 metro en cada esquina de la platabanda de manera que sobresalgan del terreno 0.70 metros.
- Colocar, entre las estacas ya puestas en el lado corto de la platabanda, la estaca de 1.20 metros dejando que sobresalga del terreno 0.90 metro.
- Efectuar el trasplante de los plantines.
- Templar el alambre de amarré de 15 metros en las estacas del medio.
- Colocar 12 alambres No. 8 de 3.3 m. dándoles la forma de un arco y enterrando las puntas (25 cm) en los filos de la platabanda a una distancia aproximada de 1.20 metros el uno del otro. Los alambres deben ubicarse por debajo del alambre de amarré del centro de la platabanda antes templado, al cual se lo amarra con los pequeños pedazos (15 cm.) de alambre.
- Cubrir con plástico los extremos (puntos) de las 6 estacas para evitar la rotura de la lámina de plástico.
- Colocar el plástico dejando 50 cm. sobrepasado a cada extremo.
- Sujetar el plástico a las 6 estacas clavadas en cada extremo del túnel amarrándolo con soga o piolas.
- Completar el túnel colocando los 6 alambres (nº8 de 3.3m.) restantes por encima del plástico a cada dos de los alambres ubicados antes de tender el plástico para así evitar que el plástico se levante por la acción del viento cuando hay caídas de ceniza la huerta debe estar tapada (después es oportuno limpiar la cubierta). Caso contrario es aconsejable que permanezca destapada.
- El plástico está garantizado para 3 años.

### c. Posterior al evento

- Continuar con la limpieza y mantenimiento de los canales de riego.
- Estudio de plagas y recomendaciones para el control biológico de las mismas.
- Trabajar en el reestablecimiento rápido del ecosistema agrícola, determinando con exactitud las especies y tipo de agentes destructores, para buscar el control biológico de los mismos
- Comenzar con la recuperación de las tierras, con la asistencia de técnicos pertinentes (INTA, etc.) con el fin de mejorar las condiciones con respecto a la permeabilidad del agua y la aireación del horizonte superficial.
- Trabajar sobre alternativas de producción para la zona, teniendo en cuenta estudios de mercado, con el fin de reorientar (de ser necesario) la producción a sistemas más estables.
- De ser necesario colocar sistemas de alerta contra heladas (por posibles cambios climáticos momentáneos) de manera de poder realizar normas de manejo que impidan efectos negativos de las mismas sobre la producción.



## **9.- EFECTOS SOBRE INFRAESTRUCTURA Y SERVICIOS**

### **9.1.- Efectos en ciudades**

Uno de los efectos indirectos más importante de la caída de cenizas es la alteración de sistemas vitales. Pueden verse afectados: sistemas de agua, alcantarillas, comunicaciones, suministro de energía eléctrica, el transporte aéreo y terrestre, daños en la infraestructura vial y en la infraestructura productiva. En este sentido, debe considerarse el costo socio-económico del evento que incluye el costo de limpieza, el costo mitigación, las reparaciones, etc.

El principal daño originado por una caída de cenizas en zonas urbanizadas es la obstrucción de drenajes y cañerías y fallas en tendidos eléctricos. Una importante acumulación de cenizas sobre techos y canaletas puede producir derrumbes, pero esto dependerá del espesor acumulado y la humedad.

Los sistemas de transporte aéreo y terrestre pueden verse interrumpidos por varios días. Es importante tener en cuenta que una caída de cenizas de 3 mm puede reducir la visibilidad en rutas y caminos, tornarlos resbaladizos, dañar vehículos y aviones, y por lo tanto, llegado el caso se recomienda el cierre de aeropuertos y autopistas.

### **9.2- Efectos en el transporte**

#### **(a) Transportes terrestre (autos, camiones, tractores, maquinas)**

En el caso del transporte terrestre, las cenizas son igualmente dañinas, ya que pueden causar problemas de abrasión en los motores, como también en distintas partes del mismo. El ingreso de gran cantidad de cenizas finas (las que caen más las que levantan otros autos) por las tomas de aire, tapan el filtro rápidamente. Las partículas muy finas pueden traspasar el filtro y mezclarse con el aceite en los cilindros. Por la característica altamente abrasiva de este tipo de cenizas (recordemos que son partículas de vidrio de formas puntiagudas), rayan los cilindros del motor, logrando en poco tiempo perder compresión.

También penetran en todos lados y por el efecto corrosivo que tienen las cenizas, generan daños importantes en los frenos, en la dirección, cerraduras, como también problemas eléctricos debido a la alta conductividad de las mismas en estado húmedo. También generan abrasión de la carrocería, consiguiendo al poco tiempo que la misma se oxide.

Los vehículos también presentan un problema importante para la comunidad, ya que al transitar, resuspenden cenizas en el aire causando una disminución en la visibilidad, prolongando los inconvenientes de calidad del aire y limpieza. Es importante tener en cuenta que si la caída de cenizas es abundante, lo más probable es que, además de rallar el parabrisas del vehículo, el peso rompa el limpiaparabrisas al accionarlo.



### (b) Transportes aéreos

El cierre de los aeropuertos se hace generalmente por prevención, ya que las cenizas pueden dañar las aeronaves, afectando la estructura, las ventanillas y componentes de los motores. Además generan corrosión, abrasión y encrustamientos en las turbinas, que terminan con el detenimiento de las mismas en vuelo. El problema que las cenizas causan en los motores, se debe principalmente al ingreso de las mismas en las turbinas, donde si no son cuidadosamente extraídas pueden permanecer en vuelo durante semanas y los gases calientes de los motores las pueden fundir. Luego al resolidificarse o ceramitizarse en los motores, alteran el flujo de aire, pudiendo causar el mal funcionamiento de las turbinas. Por otro lado, al ser tan abrasivas, generan desgaste de los alabes de la turbina. Por ser tan finas y livianas son muy penetrantes e ingresan por los sistemas de aire acondicionado o de ventilación, en el sistema de combustión y sistemas hidráulicos del avión, amenazando el normal funcionamiento de la aeronave. También dañan al parabrisas del avión y a las antenas de comunicación (afectando de esta manera las comunicaciones entre la aeronave y la torre de control) y navegación.

El principal problema de las cenizas es que las mismas no son detectadas por el radar del avión, y no son distinguibles a simple vista, ya que tienen similar apariencia a las nubes de vapor de agua. Por tal motivo es que ante un alerta de erupción se cancelan vuelos hacia y desde la zona afectada.

### (c) Transporte marítimo

Los principales problemas van a estar relacionados a la sedimentación o precipitación de las cenizas en los cursos de agua, y a la flotación de la pómez (partícula volcánica de baja densidad, que flota en el agua, cuyo tamaño varía desde milímetros a centímetros). El inconveniente en este tipo de transporte es el efecto corrosivo que tiene las cenizas en los motores, ya que las partículas abrasivas al ingresar al sistema de refrigeración elevan la temperatura, provocando incluso la fundición del mismo.

Efectos indirectos que pueden estar asociados son la anegación y desbordes de ríos. Además, todas las desembocaduras de los ríos que están acarreado cenizas y partículas pómez hacia los lagos o hacia el mar, irán aportando grandes volúmenes de material volcánico, lo cual provocará un crecimiento de los deltas y dificultará la navegación en zonas proximales. Más complejo aún, es el caso de aquellos lagos que han recibido además la precipitación directa de cenizas y fragmentos de pómez. Por lo tanto, se recomienda evitar la navegación en embarcaciones a motor en esos lugares.

## 9.3.- Efecto en Maquinarias y herramientas

La dureza del material volcánico, su movilidad y la característica de adherirse a los objetos húmedos determina el rápido desgaste por fricción de las partes mecánicas de los molinos, tractores, motores para generar electricidad, etcétera.

Los sistemas de refrigeración o calefacción con tomas de aire pueden verse afectadas al taparse los filtros, también podrá ingresar por las mismas cenizas dentro de los ambientes. Es importante considerar este aspecto fundamentalmente en escuelas, fábricas, negocios y en las casas.

En el caso particular de las máquinas utilizadas para la esquila de animales, es necesario el cambio de peine cada cuatro ovejas esquiladas aproximadamente, y renovar el cortante cada dos animales (cuando normalmente es cada 10 y 15 animales respectivamente).

### **9.4.- Efectos en la transmisión eléctrica**

Las cenizas suelen afectar el suministro de energía eléctrica debido a que las mismas son muy conductoras, especialmente cuando están húmedas. El depósito en aislamientos, conductores y equipos eléctricos provoca reducción del nivel de aislamiento y posible caída de conductores. Las cenizas suelen producir los siguientes efectos, dependiendo la cantidad y finura de las cenizas:

- Corto circuito en las líneas de mediana y baja tensión sobre todo si está mojada.
- Daños en transformadores.
- Daño a los sistemas automáticos de apertura y cierre
- Caída de cables aéreos

Ante la posibilidad de una caída de cenizas es de importancia fundamental el desarrollo de medidas de abastecimiento de energía eléctrica, en este sentido se debe conceder a las zonas de alto impacto los servicios esenciales para evitar un mayor riesgo a la población con el fin de proteger y asegurar su bienestar. Dentro de las prioridades de respuesta posterior a un desastre, se destaca la importancia de la repuesta inmediata y coordinada por parte de las instituciones y la iniciativa privada en sistemas básicos como el abastecimiento de agua, el suministro de energía eléctrica y los servicios sanitarios. Una vez asegurado el suministro del servicio eléctrico, el reestablecimiento de otros servicios como: el mantenimiento de comunicaciones, y el soporte para los sistemas de respuesta de emergencia podrán estar asegurados. Las empresas o cooperativas de energía deben tener un plan de contingencia que logre mantener el servicio mínimo necesario para el sostenimiento de esta prioridad, en coordinación con las instancias federales, y para dar apoyo a la población.

Durante la erupción del volcán Puyehue-Cordón Caulle (2011) el Ente Provincial de Energía del Neuquén (EPEN) realizó un plan de mitigación, que fue adaptando a la situación de cada momento. La primer acción que realizaron fue la limpieza de transformadores y su morsetería con medios manuales utilizando cepillos o escobillas de baño y agua (utilizando un atomizador). A los días, por la cantidad de cenizas y la lluvia este método quedó obsoleto. En una segunda etapa, realizaron unas coberturas con resina epoxi (moldura dental) y una resina producto del residuo del biodiesel, como acción rápida para evitar los cortes de luz. Finalmente se usaron mantas dieléctricas para los aisladores del transformador.

Otra posibilidad es adaptar caños de PVC (160 mm aprox.) sobre los postes de luz, a fin de evitar la acumulación de cenizas que provocan descargas al contacto con el agua. Los caños adaptados se colocan como fundas en la parte superior de los postes, en el mismo sentido del cableado cubriendo los aisladores y parte de los cables.

## 10.- COMUNICACIÓN SOCIAL

La caída de cenizas volcánicas genera una situación de crisis para las comunidades, debido a que modifican las relaciones cotidianas y el entorno al cual están habituados. La crisis provocada por este tipo de eventos incrementa la demanda y necesidad de información. El propósito de la comunicación social es contribuir a la disminución del impacto, promoviendo la participación social, fomentando los conocimientos sobre prevención y mitigación, e informando sobre el estado de situación, las medidas tomadas y las acciones a realizar.

La acción rápida y efectiva en una emergencia se puede llevar a cabo solamente si la población está debidamente informada. En este sentido, se debe informar la naturaleza y el grado de los peligros, los riesgos derivados de los mismos y las acciones que pueden realizarse en forma individual o colectiva para reducir los daños. Un factor clave para que la comunicación sea eficiente, es que debe basarse en el establecimiento de la confianza, por los que deben realizarse los anuncios de manera temprana y transparente, respetando las inquietudes públicas y generando planes con anticipación.

Dependiendo de la evolución de la actividad volcánica, la crisis puede durar días, semanas, meses o años, y su tratamiento desde el punto de vista de la comunicación exige combinar estrategias y herramientas que faciliten la respuesta y favorezcan medidas de preparación, prevención o mitigación. La crisis provocada por la caída de cenizas volcánicas altera la rutina normal de la comunidad y genera comportamientos impredecibles de las personas. Probablemente no estarán disponibles los sistemas de comunicación de telefonía móvil, ya que pueden colapsar. Puede haber cortes de electricidad que impidan informarse mediante TV, radio, etcétera. La ceniza volcánica puede interrumpir las redes de energía eléctrica y las telecomunicaciones debido al daño físico de los equipos y la dispersión o absorción de las señales de radio. Simultáneamente, habrá un considerable incremento en la demanda y en la necesidad de información de las organizaciones y de las comunidades afectadas.

A fin de asegurar la calidad y confiabilidad de la comunicación, es importante que se emitan boletines de prensa regularmente, cuyo contenido deberá ser cuidadosamente considerado antes de ser emitido. En general se recomienda seleccionar una única vía de comunicación oficial donde se canalice toda la información a la comunidad. Preferentemente esta debería ser una radio local (FM) que cuente con equipo electrógeno. Esta preferencia se debe a que es más factible que la comunidad cuente con una radio a baterías para informarse y no depender de electricidad. Algunas ciudades, afectadas en el pasado, han seleccionado la Radio Pública (Radio Nacional, o Radio Municipal), pero debe tenerse en cuenta que la misma puede ser escuchada por muchas poblaciones, que correspondan a distintos municipios, y por lo tanto bajo la información de distintos COEM. Esto requerirá un doble esfuerzo por parte de los comunicadores sociales de estas radios.

En general, es importante emitir comunicados oficiales a agencias de prensa y cadenas televisivas o radiales locales, dándoles prioridad por sobre los medios internacionales, ya que son usualmente las más efectivas para informar a la población en riesgo.

Algunas recomendaciones para la formulación de los boletines de prensa son:

a) Preparar un texto para la prensa con la ayuda de profesionales y científicos. Este deberá contener información acerca de la historia del volcán, su actividad y forma de erupción, planes de contingencia, principales riesgos para la salud y medidas pertinentes en caso de erupciones volcánicas.

b) Emitir regularmente boletines de prensa con información concreta que responda a las necesidades reales de la población, lo que facilitará la credibilidad de las autoridades a cargo de la crisis.



## *Manual de Procedimientos ante Caída de Cenizas Volcánicas*



El boletín debe elaborarse siguiendo las normas para redacción de las noticias: el boletín debe ser impersonal y su lectura equivalente a cualquier nota informativa de un periódico

c) Recordar que el contenido de las declaraciones debe ser cuidadosamente considerado, antes de emitirlos, al igual que los anuncios que se brindan.

d) El responsable del Servicio de Comunicación debe responder siempre a las preguntas de los periodistas. No se debe rehusar, porque la evasión levanta sospechas. Es importante estar siempre accesible, para impedir que los medios busquen información en fuentes alternativas o que hagan evaluaciones independientes.

e) Tener en cuenta que se debe entregar la misma información a todos los medios de comunicación (locales, nacionales, extranjeros), ya que las poblaciones locales pueden tener acceso a medios de comunicación de distintos lugares y generarse incertidumbre, si la información disponible no está unificada.

f) Es importante garantizar que solamente el vocero oficial hable con los medios de comunicación y, para ello asegúrese de que el vocero conozca antes de la entrevista la información requerida.

g) Durante una entrevista debe atenerse al tema formulando respuestas simples, cortas y directas, que no den lugar a interpretaciones erróneas.

La información de relevancia sobre el estado del volcán y su comportamiento futuro probable, que proviene de organismos científicos técnicos, así como la información sobre las medidas tomadas o consideradas por las autoridades, deben ser transmitidas por la autoridad respectiva a la población en forma clara y precisa a través de los medios de comunicación. Las predicciones de la actividad volcánica siempre tendrán un elemento de incertidumbre y normalmente se expresan como probabilidad. Las aseveraciones categóricas (como que un fenómeno particular pueda o no ocurrir), casi siempre estarán sujetas a dudas.

## 11. QUE HACER CON LAS CENIZAS VOLCÁNICAS?

### 11.1.- Cómo limpiar las cenizas de la ciudad

La limpieza, transporte, y la deposición de la ceniza volcánica son trabajos sucios, costosos y demandan mucho tiempo. La acción coordinada de la población y las organizaciones involucradas, reducen considerablemente los costos y el tiempo que toma quitar la mayor parte de la ceniza.

El tiempo y el esfuerzo requerido para remover y eliminar la ceniza dependen del espesor y extensión areal de los depósitos, y de la disponibilidad de maquinaria. Las operaciones de limpieza pueden tomar semanas a meses para completarse.

Varios factores pueden retrasar el tiempo requerido para quitar la ceniza, y deben ser tenidos en cuenta con previo aviso, para lograr calma y consideración de la situación por parte de la comunidad, y para no frustrar los esfuerzos del personal afectado a los trabajos de limpieza. Los factores a considerar son:

- *La caída de ceniza adicional antes de que las operaciones de limpieza hayan sido completadas.*
- *El viento, puede extender nuevamente partículas de ceniza sobre áreas previamente limpiadas, exponiendo al personal de limpieza (y comunidad) a más ceniza aerotransportada, y a la maquinaria y equipos a un mayor desgaste o daño.*
- *La lluvia, puede ayudar a lavar la ceniza de techos y demás superficies, pero también genera obstrucción y daños en desagotes, cortocircuitos en sistemas de distribución de energía, acumulación de ceniza en áreas deprimidas, y obstrucción del alcantarillado, red de agua pluvial y sistemas de cloacas.*
- *Los depósitos de ceniza empapados pueden endurecerse dificultando el proceso de limpieza.*

Los operadores de las tareas de limpieza siempre deben usar máscaras protectoras (respiradores y no barbijos). En medios donde hay cenizas finas, deben usar antiparras o lentes correctivos en vez de lentes de contacto para protegerse de una irritación ocular. Se deben rociar con agua los depósitos de cenizas antes de utilizar las palas para quitarlas, pero no use mucha cantidad de agua, solo rociar para evitar que se levante la ceniza más fina.

Es importante organizar cuadrillas de limpieza comunal (se puede abrir un registro de voluntarios en el municipio), teniendo en cuenta dos aspectos:

- (a) *recolectar las cenizas, producto de la limpieza de cada vivienda y que los vecinos depositaron en las veredas (en bolsas de nylon) y*
- (b) *quitar las cenizas de las calles. Es importante coordinar con los vecinos Jornadas de Limpieza donde todos realizan las limpiezas de sus casas (de adentro hacia fuera) y el municipio el de las calles.*

Destinar camión/es para retirar las bolsas, avisando previamente a los vecinos el horario en que se pasará a recolectar las bolsas. Las mismas deben ser de nylon reforzado y pequeñas para evitar que la maniobra de recolección no se dificulte, por roturas o pérdidas de material. Es importante solicitar a la gente que no la mezcle con la basura común.

1



2



3



## Pasos de Limpieza

1. Acumular las cenizas barriendo 2. Juntar en bolsas de tamaño pequeño (considerar el peso) 3. Separar las cenizas de la basura común.

Previendo que la caída de cenizas pueda ser importante (en espesor) es conveniente tener organizado cuadrillas de limpieza de techos barreales o por manzana. Estas deberán estar coordinadas por uno o dos propietarios, que reunirán a los vecinos y organizarán las tareas comunitarias. Es importante organizar a la comunidad de esta forma, incluso en caso de necesidad de distribuir agua, víveres y/o elementos para la supervivencia (barbijos, medicamentos, etc.). En caso de necesitar evacuar a la población más vulnerable, es importante que quede un grupo de personas por manzana.

Respecto a la limpieza de calles y rutas, estas pueden ser de asfalto o tierra/ripio, y según el caso la tarea será distinta:

- Si las calles son de **asfalto**, es importante rociar previamente con agua para aplacar que se levante la ceniza muy fina (muy poca agua, de lo contrario se pegará en el piso como cemento). Se podrá barrer con escobillones formando una serie de montículos cada una serie de metros, según la cantidad de material. Luego con un camión (preparado con una lona para que en el trayecto al lugar de depositación no se vuele) ir cargando a pala las cenizas. Lo ideal es contar con mini-cargadores con cuchilla frontal para facilitar la tarea, o lo que resulta mucho mejor, un camión des-obstructor, que por medio de una manga se aspira el material en seco (ver foto). No es conveniente usar camiones barredores, debido a que el mismo levanta mucha polvareda, según la experiencia en la localidad de Esquel.
- Si las calles o rutas son de **tierra o ripio**, se deberá pasar una motoniveladora, tratando de profundizar más de lo normal y mezclar el material con la tierra. Siempre es mejor pasar antes un camión regador para que la maniobra no levante tanta ceniza fina.



**Máquinas utilizadas para la limpieza de calles en la localidad de Esquel**

Es importante que a los camiones y máquinas (minicargadoras, motoniveladora, etc.) se les realice el mantenimiento diario de filtros (sopleteado) y cambio de aceite y filtros semanalmente, para evitar la pérdida de los mismos con el tiempo.

Otras de las tareas que se deberán realizar en los edificios públicos (dependencias municipales, escuelas, hospitales, etc.) es tapar las entradas de aire de ventilaciones y sistemas de calefacción, retirar las canaletas para evitar que el peso de las cenizas con el agua las rompa y se obstruyan los desagües pluviales.

### 11.2.- Ubicación de las cenizas volcánicas

La caída de unos milímetros de ceniza sobre una comunidad urbana probablemente requerirá de la recolección y la deposición de grandes cantidades de material. La ceniza quitada de caminos, edificios, y otras estructuras debería ser eliminada en sitios apropiados. La elección de los sitios adecuados para la deposición de cenizas debe contemplar las siguientes consideraciones:

- (1) no crear un nuevo inconveniente a los propietarios de los terrenos involucrados y adyacentes
- (2) no permitir que el viento o agua disperse la ceniza nuevamente
- (3) la ceniza no tenga que ser movida otra vez.

Es aconsejable solicitar que la gente **separe la ceniza volcánica de la basura normal** para la colección y la deposición de ceniza en lugares especiales. La mezcla con la basura normal puede generar daños en vehículos de recolección de residuos. Además, incrementa enormemente el volumen a ocupar en los sitios asignados.

Varios sitios de acumulación pueden ser necesarios para proporcionar la capacidad suficiente para toda la ceniza. Determinar rápidamente y de manera correcta uno o más sitios de deposición después de una caída de ceniza, es a menudo difícil. Lo más aconsejable es que los potenciales sitios de deposición sean identificados antes de una erupción volcánica, como parte importante del proceso de desarrollo de los planes de contingencia.

El proceso de determinación de los sitios más apropiados debe ser desarrollado por todas las organizaciones y agencias públicas afectadas a las operaciones de limpieza. Esto puede incluir las conversaciones y negociaciones con potenciales propietarios de los sitios de deposición, ya que en muchas ocasiones los sitios más adecuados pueden encontrarse en propiedades privadas y no en terrenos fiscales. La responsabilidad de manejar uno o más sitios de deposición tiene que ser asignada a una organización apropiada o la agencia pública (Johnston y Becker, 2001).

a) Lugares que pueden utilizarse como sitios de deposición de cenizas (FEMA, 1984):

- \* Depresiones en terrenos propiedad del gobierno.
- \* Caminos no usados o poco transitados (que puedan verse beneficiados o, al menos, no ser alterados).
- \* Canteras abandonadas.
- \* Bajos o áreas socavadas en propiedad privada donde el dueño está dispuesto a aceptar la responsabilidad de mantener estable el relleno de ceniza.
- \* Tierras de labranza que lindan con los caminos (si es aceptado por los propietarios adyacentes) donde la ceniza pueda ser incorporada a la tierra sin efectos dañinos.
- \* Jardines de casas y céspedes, si la caída de ceniza es ligera.

b) Características recomendadas para un sitio de deposición (modificado de Johnston y Becker, 2001):

- \* El sitio deberá estar cerca del área (s) de limpieza de ceniza.
- \* Fácil acceso para vehículos pesados desde un camino principal.
- \* Situado a distancia de cursos fluviales (que podrían ser afectados por lavado de la ceniza que arrastraría el material fino y/o sustancias químicas de la ceniza).
- \* La disponibilidad de suelo para la cubierta (aunque otras formas de cubierta de tierra pueden ser opciones, incluyendo distintos tipos de plantación de hierba, o el empleo de césped/césped pre cultivado para la cobertura inmediata).
- \* El empleo final del sitio de deposición debe ser compatible con depósitos de ceniza.
- \* Concordar con las exigencias de leyes locales, regionales, o nacionales para el empleo de la tierra.

### 11.3.- Utilidad para las cenizas acumuladas en los depósitos.

La ceniza acumulada puede ser de utilidad en distintos aspectos, tanto para el gobierno como para emprendimientos privados. Algunas características para su aprovechamiento son:

- \* es considerada como buen material de relleno
- \* se mezcla bien con el suelo
- \* favorece crecimiento de vegetación si es fertilizado
- \* filtros para bioremediación de aguas industriales

Su uso como reemplazo parcial de agregado para hormigones no sería recomendado (según estudios del INTI sobre cenizas de la erupción del Puyehue-Cordon Caulle) debido a: (i) las cenizas de tamaño arena presentan propiedades de friabilidad, por lo tanto las operaciones de manipuleo, mezclado y compactación afectan su integridad, haciendo variar su granulometría, con el consiguiente cambio en la demanda de agua y variaciones consecuentes en la resistencia; (ii) las de tamaño limo-arcilla el material no clasifica como “arena” según su tamaño de partícula para utilizarlas como agregado para hormigón.

Su uso como reemplazo parcial del agregado fino (tamaño arena fina, módulo de finura es aproximadamente 1,8) en mezclas para albañilería, a pesar de sus propiedades de friabilidad, el INTI propuso para las cenizas del volcán Puyehue-Cordon Caulle usarlas como reemplazo parcial para incorporarse en morteros de albañilería, hormigones pobres, en revoques y mezclas de asiento de mampostería, dada la menor exigencia en este tipo de aplicaciones

Para su uso como reemplazo del material aglomerante o Puzolana (material puzolánico es todo aquel material inorgánico, de origen natural o industrial que endurece en agua cuando es mezclado con hidróxido de calcio (cal) o con materiales que liberan hidróxido de calcio como el cemento pórtland), los



productos de la reacción química con el hidróxido de calcio son similares a los productos de hidratación del cemento, con lo cual resulta en economía en la fabricación y mejora de algunas propiedades, con lo cual se ampliaría el campo de aplicaciones de este tradicional material aglomerante.

Cabe aclarar que en nuestro país y en el mundo existe una larga historia del aprovechamiento de materiales de origen volcánico en reemplazo del cemento que cumplen con los requisitos establecidos en la norma IRAM 1668 y 1654 de Puzolanas.

Las cenizas de granulometría más fina pueden emplearse en el estado natural de recolección como material puzolánico, sin embargo cenizas más gruesas deben ser sometidas a un proceso de molienda previo. Los contenidos de humedad de las cenizas pueden resultar elevados por lo cual en este caso es necesario su secado.

Fabricación de cales hidráulicas y morteros de albañilería. A partir de mezclas de cal y ceniza volcánica se obtienen cales con un mejor desempeño mecánico y que puede aplicarse al diseño de morteros de albañilería para su uso en revoques y mezclas de asiento de mampostería.

Mejoramientos de caminos y senderos rurales. Es de conocimiento generalizado que se utilizan mezclas de suelo-cal y suelo-cemento como subrasante de pavimentos, como mejoramiento de caminos rurales o como material granular en la construcción de terraplenes, bases o sub-bases. Este tipo de mezclas consisten en una mezcla de los materiales con una cantidad de agua óptima para lograr una máxima densidad bajo una compactación muy enérgica.

Dada las características de las cenizas se podría usar en diferentes dosajes de ceniza volcánica, suelo y cemento/cal, tanto en formulas de reemplazo parcial del aglomerante o como reemplazo total del suelo.

### Recolección, acopio y uso de las cenizas

Es importante que durante la recolección y posterior acopio que el material permanezca libre de contaminación para preservar sus características. En el periodo de recolección se deberá evitar que las cenizas se mezclen con suelos, materiales orgánicos, residuos sólidos, etc.

Con respecto al manipuleo de los materiales para su posible aprovechamiento se deberán tener en cuenta las mismas condiciones de higiene y seguridad que se aplican normalmente en la industria de la fabricación del cemento, elaboración de hormigones y otros materiales de construcción.

En el caso de presencia en las cenizas de gases que en contacto con el agua puedan producir ácidos tales como sulfúrico y clorhídrico, éstos serían rápidamente neutralizados por el hidróxido de calcio presente en la cal o liberado durante la hidratación del cemento. Si el ácido formado fuese ácido fluorhídrico, el producto de la reacción de neutralización sería fluoruro de calcio, que es una sal muy poco soluble en agua.

Los elementos detectados en las muestras de las cenizas volcánicas suelen estar presentes también en otros materiales puzolánicos, así como en cementos y agregados que son empleados en la fabricación de morteros y hormigones, dependiendo su presencia y contenido del tipo de material y de la procedencia de los mismos.



## ANEXO A

### RECOMENDACIONES PARA LA POBLACIÓN

#### Salud

- Cubrirse la boca, nariz, ojos, cabello y piel. Esta medida de protección si es adoptada por adultos y autoridades es doblemente importante porque transmite un mensaje a niños y jóvenes que necesitan ejemplos para emular.
- Asegurar cuando salgan a la calle usar gorro, anteojos y máscaras para polvo descartables o barbijos dobles o pañuelo humedecido, para cubrir la nariz y la boca, especialmente si está por hacer trabajos en el exterior de la casa. Se puede también usar bufandas o cuellos de tela polar, con tramas apretadas si la exposición es temporal.
- Debe asegurarse que el ambiente donde se refugia la familia sea cuidadosamente protegido, cubriendo las rendijas de puertas y ventanas con trapos humedecidos.
- Impedir que los niños jueguen al aire libre.
- Asegurar que cuando los niños salgan a la calle tengan gorro, anteojos y, lo más importante, máscaras descartables o barbijos dobles o pañuelo humedecido. Para cubrir la nariz y la boca se puede también usar bufandas o cuellos de tela polar, con tramas apretadas.
- Usar indumentaria de manga larga para mantener la piel mayormente cubierta.
- Al regresar a la casa lavarse las manos y hacer lo mismo con las de los niños (evitando que ingieran ceniza). En general se recomienda un baño con jabón neutro o de glicerina y luego aplicarse crema humectante.
- Es importante la hidratación por lo que se recomienda tomar abundante agua.
- No refregarse los ojos; lavarlos suavemente con agua y si arden consultar al médico.

**Estas medidas deben ser aplicadas siempre, aunque la caída directa de cenizas ya hubiera finalizado. Esto se debe a que el viento o vehículos remueven las partículas más finas ya caídas, generando los mismos daños que en el momento de la lluvia de cenizas.**

- Durante un fenómeno adverso los adultos deben ser cariñosos y mostrar su fortaleza; apoyando con palabras, gestos y actitudes a los menos fuertes, sin olvidar que el afecto es la herramienta que permite transformar un período difícil en una experiencia constructiva.
- Los niños padecen angustia: hay que mostrarles cariño, dialogar con ellos, averiguar como sigue su desenvolvimiento en la escuela y ayudarlas en las tareas.
- Motivarlos puede ser de gran ayuda en los momentos difíciles.
- Alabar las actitudes acertadas de los hijos y reflexionar con ellos abiertamente sobre hechos o situaciones.
- Prestar atención a los enfermos y discapacitados: hay que hacerles entender que pueden contar con Usted.

#### Demanda de agua

Puede que sea necesario controlar la demanda de agua para evitar la escasez de de la misma en usos críticos (especialmente para la extinción de incendios, agua potable y saneamiento). Una discrepancia entre la demanda y el suministro de agua puede ser creada por la presión del agua y problemas de abastecimiento, así como un aumento de la demanda para la limpieza de cenizas.

Puede ser necesario recurrir a las restricciones de uso del agua o racionamiento después de la caída de ceniza. No lavar autos, casas y calles si el COEM no lo autoriza.

La ceniza volcánica en suspensión en el agua pueden obstruir filtros y aumentar el desgaste de las bombas y otros equipos utilizados en los sistemas de suministro de agua. Para reducir el daño físico a los sistemas de abastecimiento de agua, equipo y las bombas deben estar cubiertos cuando hay una lluvia de cenizas inminente, y la ceniza debe ser removida antes de reanudar las operaciones normales.

### Tanque de agua y bebederos de chacras

Además de turbidez potencial y problemas de acidez, los cuerpos de agua al aire libre (ríos, lagunas, etc.) cerca de un volcán en erupción con una baja relación volumen-zona de captación, pueden estar sujetos a la contaminación química de los lixiviados, en particular, de flúor. Cuando se produce la caída de ceniza, los hogares con toma de agua del techo (agua de lluvia) de inmediato deben desconectar las tuberías que van al tanque de abastecimiento de agua. Si la ceniza que se acumulan en el tejado y las cañerías no se desconectaron, se recomienda testear el agua del tanque antes de su uso como agua potable. Si el test no es posible, se recomienda que se drene y enjuague el tanque y vuelva a llenar con agua no contaminada.

Los bebederos son muy vulnerables a la contaminación y lo más probable es que tenga que vaciar y volver a llenar después de una lluvia de ceniza. Un tanque de agua tapado estará a salvo de la contaminación directa la caída de ceniza, y se puede dar el suministro de agua durante los períodos de caída de ceniza, si se conserva con cuidado el uso del mismo.

Se recomienda que los depósitos de agua y los alimentos que se elaboran y consuman al aire libre deben ser cubiertos.

Entre los principales daños producidos por erupciones volcánicas en los sistemas de agua potable podemos citar a los siguientes:

La contaminación de las fuentes de agua subterránea es relativamente improbable, a menos que la ceniza sea tan abundante que entra por la boca de los pozos (si están sin tapas de protección) y ensucie el agua captada.

### Vehículos

Debido a que la ceniza volcánica se compone de pequeños fragmentos de roca y vidrio volcánico, éstas pueden infiltrarse en las de apertura y lijar o rayar la mayoría de las superficies, en especial entre las partes móviles del equipo. Partículas de cenizas pueden fácilmente obstruir los sistemas de filtración de aire, lo que puede producir un sobrecalentamiento y avería de motores. Los daños a las tuberías de abastecimiento de agua han sido en general leves.

- Si fuera posible, evite conducir, ya que las cenizas son dañinas para los vehículos, los caminos pueden estar resbaladizos y el paso de los vehículos levanta las cenizas al aire, lo cual causa mala visibilidad y puede ser dañino o irritante para los demás.

## *Manual de Procedimientos ante Caída de Cenizas Volcánicas*

- Si es imprescindible conducir, hágalo a baja velocidad, encienda las luces de su vehículo. No use los limpiaparabrisas si hay cenizas secas sobre el, pues puede rayar el vidrio. Si la lluvia de cenizas fue espesa, sólo debe usarse el vehículo para una emergencia.
- Use agua embotellada y un trapo para limpiar los parabrisas tantas veces como se requiera, esto puede ser cada escasa decena de metros.
- Cambiar el aceite y los filtros de aceite frecuentemente (cada 80-160 km. en caída de ceniza intensa; cada 800-1600 km. en caída poco intensa).
- No conduzca sin filtro de aire. Si no lo puede cambiar, límpielo soplándole aire de adentro hacia fuera. Como el daño a los filtros del motor son muy importantes, algunas recomendaciones caseras para atenuar sus efectos, son la colocación de medias de nylon en la entrada de aire para proteger lo mejor posible del ingreso de cenizas finas. Algunas personas han usado los trapos amarillos que se utilizan en cocinas o telas de polar.
- Limpieza de su auto: limpie la ceniza del interior del motor, baúl, lo mismo que el área de asientos. Cepillar o pasarle un trapo a la carrocería para retirar las cenizas del auto puede rayarlo.
- Lleve a un servicio de limpieza el sistema de frenos cada 80-160 km. para condiciones del camino muy severas, o cada 320-800 km. para condiciones intensas. Los frenos deben ser limpiados con aire comprimido.
- Haga limpiar el alternador con aire comprimido si hubo alta acumulación de polvo, cada 800-1600 km o después de una alta exposición a cenizas.
- Limpie su vehículo, incluyendo el motor, radiador y otras partes esenciales diariamente, si es necesario usando agua para enjuagar la ceniza.
- Lave el compartimiento del motor con una manguera de jardín o un limpiador de vapor. Asegúrese de sellar las entradas de aire y los componentes eléctricos antes de limpiar.
- Es posible que tenga problemas con las cerraduras. Suelen arruinarse al ingresarle ceniza.
- Es posible que comience a ver óxido en las zonas que la carrocería perdió la pintura. Eso no solo ocurrirá en los vehículos, sino en todo lo metálico.

### **Equipos electrónicos**

- Limpie su computadora, televisor o radio usando la aspiradora. Desconecte el control principal de la fuente de energía de la máquina antes de llevar a cabo esta operación.
- Durante varios meses después de la lluvia de cenizas, los filtros deben reemplazarse a menudo. Los filtros del aire acondicionado y del calefactor de ambientes necesitan atención cuidadosa. Limpie los huecos de ventilación de la heladera. Limpie cualquier superficie que pueda arrojar aire y recircular cenizas. Los ventiladores de hornos y estufas deben limpiarse minuciosamente.
- No use escobas con pelos laterales para limpiar pasillos y pisos porque las partículas de polvo se regresan al aire.
- No limpie soplando con aire comprimido o barrido en seco ya que las cenizas se transportan en el aire.
- No use ventiladores o secadores eléctricos de ropa que puedan levantar cenizas al aire

## LIMPIEZA DENTRO DE LAS CASAS



Garantizar la salubridad de las viviendas es una tarea imprescindible, para esto:

- Mantenga cerradas puertas y ventanas.
- Coloque trapos mojados en la parte inferior de las puertas.
- Tape las rendijas del techo con periódico o trapos. Si la abertura es demasiado grande, revocar con barro o cemento.
- Tape las rendijas de las ventanas con cinta de embalar.

### *Que hacer para limpiar la casa*

- Limpie su casa cuando los equipos de trabajos públicos estén limpiando las áreas cercanas a su casa, para que sea un trabajo coordinado.
- Colóquese una máscara adecuada antes de iniciar la tarea. Si no la tiene, use un paño mojado. Se aconseja también usar protectores para sus ojos (antiparras).
- Use solo una entrada al edificio mientras limpie, para asegurarse que los ocupantes no traen cenizas a las partes limpias.
- Use un método de limpieza para reducir el polvo, tal como agua y algún detergente efectivo. Humedezca las cenizas con un atomizador, antes de intentar limpiarlas. Esto evita que se disperse. Trate de usar poco agua y no empape las cenizas, ya que si esta no se junta rápidamente se endurece como cemento.
- Limpiar alrededor de las ventanas, por dentro y por fuera, con trapos mojados; barrer y trapear los pisos.
- Las técnicas de trapeado o aspirado deben usarse cuando sea posible. Después de aspirar las alfombras y tapicería, éstas pueden ser limpiadas con un jabón detergente.
- Use trapeadores remojados o trapos empapados para limpiar los pisos.
- En general, las superficies deben ser aspiradas para quitar la mayor cantidad de cenizas de alfombras, muebles, equipo de oficina, artefactos y otros objetos. Se recomiendan las aspiradoras manuales equipadas con sistemas de alta eficiencia para filtrar partículas.
- El vidrio, el esmalte de porcelana y las superficies de acrílico pueden sufrir rayones si se las frota con fuerza. Use un paño o una esponja remojado en detergente y golpetee la superficie en vez de frotarla.
- Las telas deben ser sacudidas en el exterior del edificio para quitarles las cenizas y enjuagadas bajo el chorro de agua.
- Coloque las cenizas en bolsas de plástico reforzado. Utilice bolsas pequeñas, de lo contrario puede hacerse difícil su recolección por el personal a cargo, además las bolsas grandes aumentan la posibilidad de rotura y pérdida de material. Deje las bolsas en la vereda para ser recolectadas por el municipio.
- Limpie su computadora, televisor o radio usando la aspiradora o aire comprimido.
- Durante varios meses después de la lluvia de cenizas, los filtros deben limpiarse y reemplazarse a menudo.
- Al ingresar a su hogar quítese abrigo y calzado para evitar esparcir cenizas por su casa. Si tiene mascota, trate de mantenerla adentro, si sale, cepíllelo antes de que entre nuevamente.



## LIMPIEZA FUERA DE LAS CASAS



- Coordine tareas de limpieza con sus vecinos.
- Después de una lluvia de cenizas quite las cenizas de los techos.
- Recuerde no humedecer demasiado las cenizas de los techos, ya que eso aumentaría el peso de carga y habría peligro de que colapsen los techos. El cepillado en seco puede producir un alto nivel de exposición y debe ser evitado. Deben extremarse las precauciones en escaleras y techos. Las cenizas hacen el piso muy resbaloso, y como consecuencia muchas personas se accidentan al caer cuando están limpiando cenizas de los techos. Tome precaución con respecto al sobrepeso al subirse a una superficie de por si sobrecargada por las cenizas: pise con cuidado. Es preferible limpiar los techos antes de que se acumulen más de algunos centímetros de cenizas. Si es posible, utilice ameses.

### Que hacer

- Colóquese una máscara adecuada antes de iniciar la tarea. Si no la tiene, use un paño mojado. Se aconseja también usar protectores para sus ojos (antiparras).
- Use palas para retirar volúmenes de depósitos de cenizas espesos (de más de 1 cm), escobas rígidas servirán para retirar cantidades menores.
- Recoger la ceniza alrededor de la construcción, amontonarla en un solo lugar y juntarla en bolsas de plástico reforzadas. De no contar con un sistema de recolección (zonas rurales) tápala con tierra (para que el viento no vuelva a esparcirla).
- Puesto que la mayoría de los techos no soportan más de 10 cm de cenizas mojadas, mantenga los techos libres de acumulaciones espesas. Si el techo es acanalado, es práctico construir con madera una especie de secador pero con la forma de la acanaladura. De esta forma puede pasarse por el techo y arrastrar la ceniza pendiente abajo. Debe tenerse en cuenta de no tapar las canaletas.
- Los sistemas de canaletas se obstruyen con facilidad, de manera que si están colocados bajo su techo, barra las cenizas que encuentra allí. En lo posible desarme las canaletas (quitelas), ya que con el peso las mismas pueden caerse u obstruir los desagües. Las cenizas humedecidas tienen alto poder de adherencia y duplican su peso.
- Tapar con plástico eventuales artefactos ubicados al exterior de la casa (bombas de agua, calefones, etc.).
- Tapar con plástico vehículos.
- Busque consejo de las autoridades con respecto a la eliminación de las cenizas volcánicas en su comunidad. En todos los casos, las cenizas deben separarse de la basura normal, para ser llevadas a algún lugar designado. Si las mezcla se pueden dañar los vehículos de recolección de basura y ocupar espacio de los tiraderos comunes.
- Terminada la tarea de limpieza, sacudir bien los zapatos antes de entrar y quítese las ropas usadas afuera, antes de introducirse a su casa o edificio.





ANEXO B

ENCUESTA PARA LA POBLACION

ENCUESTA/CENSO

Fecha: ...../...../.....

Apellido y Nombre: .....

Domicilio: ..... Barrio: .....

1) Integrantes del grupo familiar : .....

2) ¿Cuántos menores de 12 años?: ..... Entre 13 y 18 años?: .....

3) ¿Es propietario? SI NO Alquila? SI NO

4) Empleo: SI NO ¿Qué actividad realiza o realizaba?: .....

.....

5) ¿Cuántos de su grupo familiar trabajan? Y que tareas realizan? .....

.....

6) ¿Sufrió algún inconveniente en su vivienda? SI NO ¿Cuál? .....

.....

.....

7) ¿Qué perjuicio le causó la caída de cenizas: .....

.....

.....

8) ¿Algún integrante se fue de la localidad? SI NO ¿Cuántos? ..... ¿Porqué? .....

.....

Comentarios: .....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

Encuestador: .....

## ANEXO C

### PROTOCOLO DE ACCION PARA ESTABLECIMIENTOS EDUCATIVOS

#### LIMPIEZA EN CENTROS EDUCATIVOS, CLUBES Y ASOCIACIONES



Las siguientes recomendaciones están destinadas a los centros educativos, clubes, asociaciones y demás sitios que convoquen a la comunidad en espacios amplios, cuyas tareas son de fundamental importancia para retomar el normal desarrollo de las actividades de la población. Se hace principal hincapié en los centros educativos ya que es importante que sus actividades se reanuden en el menor tiempo posible, siendo imprescindible el correcto mantenimiento de las instalaciones, generando las condiciones de salubridad adecuadas tanto para el personal como para los alumnos.

#### *Que hacer*

- Recoger la ceniza alrededor de la construcción poniéndose una mascarilla (o pañuelo), se aconseja también utilizar protección para sus ojos (antiparras).
- Amontonar las cenizas en un solo lugar y tapanla con tierra (para que el viento no vuelva a esparcirlas).
- Limpiar alrededor de las ventanas, por dentro y por fuera, con trapos mojados.
- Barrer y trapear los pisos.
- Colocar trapos mojados en la parte inferior de las puertas.
- Tapar las rendijas de las ventanas.
- Mantener cerradas puertas y ventanas.
- Cuando la ceniza acumulada rebasa los 2 cm es necesario sacarla del techo porque es posible que la construcción no soporte el peso (los techos grandes y tinglados suelen soportar un menor espesor de ceniza húmeda).
- Se debe seleccionar un lugar para que el personal, docentes y alumnos dejen sus abrigo, para evitar esparcir las cenizas en el interior del edificio. También deben sacudir bien los zapatos antes de entrar.
- Medida preventiva: es posible que el peso de la ceniza haga caer árboles. Si cerca de la construcción existen árboles grandes y viejos (cipreses o eucaliptos) es oportuno talarlos o cortar las ramas que se dirigen hacia el edificio.



# Manual de Procedimientos ante Caída de Cenizas Volcánicas



## ANEXO D

### RESPONSABLES LOCALES – TELÉFONOS

RESPONSABLE DEFENSA CIVIL			Teléfono (oficial/particular)	
INTENDENTE MUNICIPAL	Intendente			
	Secretario Gobierno			
COORDINADOR DE DEFENSA CIVIL			Teléfono (oficial/particular)	
Defensa Civil	Responsable			
	Alternativo			
<b>SERVICIOS DE DEFENSA CIVIL</b>				
ALARMA Y COMUNICACIONES			Teléfono (oficial/particular)	
Defensa Civil y/o Policia	Responsable			
	Alternativo			
ORDEN PÚBLICO			Teléfono (oficial/particular)	
Fuerzas de seguridad	Responsable			
	Alternativo			
SALVAMENTO Y RESCATE			Teléfono (oficial/particular)	
Bomberos o Defensa Civil	Responsable			
	Alternativo			
ASISTENCIA SANITARIA			Teléfono (oficial/particular)	
Director Hospital, Sala Primeros Aux.	Responsable			
	Alternativo			
ASISTENCIA SOCIAL			Teléfono (oficial/particular)	
Secr. o Dir. Acción Social Municipal	Responsable			
	Alternativo			
TRANSPORTE			Teléfono (oficial/particular)	
Secr. o Dir. Servicios Públicos Munic.	Responsable			
	Alternativo			
INGENIERIA Y REHABILITACIÓN			Teléfono (oficial/particular)	
Secr. o Dir. Obras Públicas Munic.	Responsable			
	Alternativo			
INSTITUCIONES NO GUBERNAMENTALES			Teléfono (oficial/particular)	
Responsable	Responsable			
	Alternativo			
PRENSA Y DIFUSIÓN			Teléfono (oficial/particular)	
Designado por Intendente	Responsable			
	Alternativo			
<b>Organismos públicos y privados con participación en operaciones de emergencia</b>				
Denominación	Actividad que desarrolla	Nombre del responsable	Teléfono	



## **ANEXO E**

### **FOLLETO EXPLICATIVO SOBRE RECOMENDACIONES PARA LA POBLACIÓN**

(El siguiente folleto está preparado para imprimirlo en ambas carillas)

## CAÍDA DE CENIZAS VOLCÁNICAS

### INFORMACIÓN BÁSICA

#### ¿Qué es la ceniza volcánica?

La ceniza volcánica está compuesta por partículas finas de fragmentos de rocas volcánicas, de un tamaño menor a 2 mm de diámetro. La ceniza presenta altas temperaturas cerca del volcán, pero se va enfriando con la distancia. El principal medio de transporte de la ceniza es el viento, por esta razón las comunidades cercanas a la cordillera de los Andes pueden sufrir este tipo de eventos.

#### ¿Cómo se origina la ceniza volcánica?

La ceniza volcánica se origina por la erupción de volcanes activos. Existen distintos tipos de erupciones, pero los volcanes que se encuentran en nuestra cordillera presenta principalmente un tipo de erupción en la que se generan columnas de hasta varios kilómetros de fragmentos de rocas volcánicas. Las fracciones más finas constituyen la nube de cenizas que es trasladada por los vientos, generando lluvia de cenizas a medida que se aleja.



#### ¿Cuál es el riesgo que enfrento ante una caída de cenizas?

De todos los productos que son emitidos por un volcán cuando entra en erupción, el menos dañino es la ceniza volcánica. Lo principal a tener en cuenta es los problemas que puede generar en la salud, sin embargo, con algunas precauciones es posible inhibir su efecto. En este sentido, deberá cubrirse boca, ojos y la piel (utilizar gorro, mangas largas, etc.) a fin de evitar irritaciones. La ceniza volcánica es fundamentalmente abrasiva, el grado de complicaciones que genera y la toxicidad dependerán de la composición y del tamaño de las partículas.

## QUE HACER ANTE UNA CAÍDA DE CENIZAS VOLCÁNICAS

#### Cómo estamos preparados para este tipo de eventos?

El Comité Operativo de Emergencias Municipal (COEM) está conformado por las instituciones que componen la Defensa Civil Municipal más las instituciones técnicas de la comunidad.

El COEM ha diseñado un PLAN DE CONTINGENCIA para la ciudad en caso de lluvia de cenizas volcánicas.

#### Cómo me entero si hay una alerta?

Sonarán tres sirenas (extensas) de Bomberos más sirenas de los patrulleros que recorrerán las calles de la ciudad a marcha lenta.

#### Que tengo que hacer?

- Quedarme en casa o regresar a mi hogar en tranquilidad. La lluvia de cenizas da tiempo para que se desarrollen las tareas en calma.
- Escuche Radio elegida por el COEM para transmitir la información, siga las instrucciones de los Comunicados de Prensa del COEM.
- Manténgase al tanto de las acciones a realizar, las medidas de protección y las características del evento.
- Si debe salir proteja su vista con antiparras, y utilice un pañuelo, barbijo o tela húmeda para proteger vías respiratorias.
- Evite utilizar solo vehículo, hágalo solo en caso de extrema necesidad. El movimiento de vehículos agravará la situación de cenizas en el aire, y su auto puede sufrir daños.

# CAÍDA DE CENIZAS VOLCÁNICAS COMO PROTEGERNOS

## ¿Cómo cuidar nuestra salud y la nuestros hijos?

Problemas generales sobre el sistema respiratorio:

### Vías Respiratorias

- Irritación nasal y de garganta. Puede causar ardor, tos seca y aumento de la secreción nasal.
- La respiración se torna dificultosa
- En personas con problemas respiratorios puede provocar bronquitis severa.

**Para prevenir estos efectos utilice un barbijo o en su defecto un pañuelo o tela humedecida o un cuello polar. Cubra boca y nariz.**

Problemas generales de las cenizas en los ojos:

### Síntomas Oculares

- Irritación ocular, se siente la presencia de partículas extrañas en el ojo.
- Los ojos comienzan a doler, picar o sangrar.
- Secreción pegajosa o lagrimeo.
- Puede producir lesiones en la córnea o conjuntivitis.

**Para prevenir el ingreso de ceniza en sus ojos utilice antiparras. Es importante que las personas que usan anteojos que NO utilicen lentes de contacto. No refregarse los ojos, lávelos suavemente con agua.**

Problemas generales de las cenizas en la piel:

### Efectos en la Piel

- Irritación ocular y enrojecimiento de la piel.
- Dermatitis con procesos inflamatorios, pueden producirse eritemas o descamaciones.
- Infecciones secundarias por rascado.

**Para prevenir utilice indumentaria de manga larga, mantenga la mayor parte de la piel cubierta, cubra también su pelo. Se recomienda el aseo periódico de manos y cuerpo con jabón neutro. Utilice también alguna crema humectante.**

## Otras Medidas de Prevención

- Es importante la hidratación por lo que se recomienda tomar abundante agua. Si el agua de red resulta turbia **no** la consuma, traté de conseguir agua envasada.
- Debe asegurar que el hogar esté limpio y libre de cenizas.
- En lo posible, impida que sus hijos jueguen al aire libre.

## ¿Cómo protegernos en nuestra casa?

- Mantenga puertas y ventanas cerradas.
- Coloque trapos mojados en la parte inferior de puertas.
- Selle las ventanas con cinta de enmascarar.
- Quítese abrigo y calzado al entrar a su hogar para evitar esparcir cenizas por el resto de la casa.

## ¿Cómo limpiar nuestra casa?

- Colóquese máscara, guantes y antiparras para protegerse.
- Humedezca las cenizas con un atomizador antes de limpiarlas para evitar que se dispersen.
- Utilice aspiradora para las alfombras, tapicería y electrodomésticos como televisor, radio o computadoras.
- Limpie sus pisos con trapos mojados.
- Coloque las cenizas en bolsas reforzadas de tamaño pequeño y es importante separarlas de la basura común.

## ¿Cómo contribuir con las tareas de limpieza de la ciudad?

- Coordine con sus vecinos la limpieza de las veredas.
- Limpie los techos de las casas, tome extremas precauciones al realizar esta tarea. Recuerde limpiar canaletas.
- Junte las cenizas que rodean su casa en un solo lugar, y cúbralas para evitar que se dispersen.
- Recoja las cenizas en bolsas reforzadas.

## ¿Cómo cuidar nuestras mascotas?

- Evite que sus mascotas jueguen en lugares con acumulación de cenizas. Trate de mantenerlos dentro del hogar.
- Si salen, cepíllelos antes de que ingresen nuevamente.
- Tenga especial cuidado en no beban o se alimenten en lugares contaminados. Provéales agua potable y alimento.



## ANEXO F

### MUESTREO Y ANALISIS DE CENIZAS

Esta sección pretende indicar sobre el procedimiento para coleccionar muestras de cenizas volcánicas, el cual fue adaptado de las indicaciones propuestas por el IVHHN (International Volcanic Health Hazard Network). Este muestreo reviste de sumo interés científico y práctico y es indispensable que cada municipio lo realice. El interés científico se debe a que con la información obtenida del estudio de esas cenizas, de toda el área afectada, se puede realizar un cálculo del volumen emitido por el volcán, composición del magma, cambios en la composición con el tiempo, variaciones de energía de la erupción, etcétera. Desde el punto práctico, dicho estudio permite a su vez conocer el tamaño de grano, composición mineralógica, presencia de compuestos volátiles, etc. para evaluar la amenaza a la salud. Es recomendable que cada municipio coloque muestreadores en cada localidad y encargue la tarea a una persona.

#### **Cómo muestrear las cenizas?**

La mejor técnica para la recolección de cenizas es usando bandejas o baldes de plástico (no metálicas para evitar contaminación), que son económicas y se limpian fácilmente. Las bandejas deben tener un borde alto ( $>$  de 5 cm) para evitar contaminación y desborde de aguas de lluvia. La bandeja será lo suficientemente grande como para juntar una cantidad considerable de cenizas (idealmente  $>$  0.1 m<sup>2</sup>). Se puede colocar una malla asegurada sobre la parte superior para evitar contaminación de los pájaros, insectos o plantas. Es importante tener en cuenta que la muestra no se contamine con material debido a movimiento de vehículos (volado) por lo cual preferencialmente es interesante ubicarlo en edificios.

1) Las bandejas deben ser vaciadas diariamente (una o más veces por día) para evitar contaminación de materiales orgánicos o material eruptivo menor, re-suspensión de cenizas por el viento y desborde por la lluvia. Se deben recolectar muestras de cenizas tan pronto como sea posible para evitar que el viento, el agua o la actividad humana vuelva a suspender las partículas más finas.

2) Si se encuentra agua en la bandeja después de una erupción, tanto las cenizas como el agua deben recolectarse en una bolsa (ya que luego se secarán en hornos especiales). Si se trata de quitar el agua de la bandeja se puede perder material fino, que es crucial en el contexto de la valoración.

3) Si la malla no ha sido colocada sobre la bandeja, la ceniza debe ser coleccionada en superficies planas que con seguridad hubiesen estado limpias antes de la erupción. Debe evitarse tomar cenizas que hayan caído sobre el pasto o el suelo. Si estas fueran las únicas muestras disponibles, por que no se instalaron recipientes, las cenizas deben tomarse cuidadosamente, dejando unos pocos milímetros junto a la superficie, como una interfase para evitar la contaminación.

4) Almacene las cenizas en bolsas de plástico resellables, gruesas e incluso dobles para evitar pérdida de material. Se recomiendan más las de papel, ya que las partículas finas se pueden adherir a la superficie de las bolsas de plástico, e incluso estas ponerlas dentro de bolsas plásticas para evitar pérdidas.

Después de la recolección estas muestras serán analizadas en laboratorios, secando la ceniza en un horno a  $<$  40°C, pesando la muestra de cenizas para realizar cálculos con los datos del área del recipiente y tiempo de muestreo, análisis granulométrico, análisis químico, análisis mineralógico, entre otros.



### Etiquetado de las muestras:

Es necesario que el conjunto de muestras tenga un **código de 3 o 4 letras** (a elección y en lo posible que esté relacionado con el lugar de muestreo, por ejemplo: Esquel = ESQ) que indique el lugar de recolección seguido del **número de muestra** (siguiendo números consecutivos; ESQ-1, ESQ-2, etc.). De ser posible incluir la localización con GPS (latitud y longitud).

Se recomienda etiquetar las bolsas colocando un papel (entre las bolsas para evitar que se humedezca el papel y se borre el dato) con los siguientes datos:

- **Lugar de recolección (código de letras)**
- **Número de muestra**
- **Fecha de la recolección**
- **Hora de inicio y hora de recolección**

Es importante registrar (en la etiqueta o en una tabla aparte):

- **Anotar si la ceniza pertenece a uno o a múltiples eventos y cuanto tiempo transcurrió desde el último vaciado de la bandeja** (si no anotó hora de inicio y recolección).
- **Área de la boca de la bandeja o recipiente** (diámetro si es circular) – la acumulación de cenizas se registra mejor como masa por unidad de superficie.
- **Estado del depósito** (seco, húmedo) e **información sobre la historia de la muestra entre su deposición y la recolección** (por ejemplo lluvia, nieve, etc.).

Para seguridad y transportación, **almacene las cenizas dentro de varias bolsas auto-sellables**, que se utilizan para envase de comidas. También pueden ubicarse luego en cajas.

**Enviar las muestras a Defensa Civil Provincial** para que sean remitidas a laboratorio (\*).

(\* *El Grupo de Estudio y Seguimiento de Volcanes Activos (GESVA) de la Universidad de Buenos Aires, puede ser el nexa para coordinar los estudios en laboratorios de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales.*



## REFERENCIAS

Este documento se elaboró teniendo como material de referencia las siguientes publicaciones, informes inéditos e informes de la Web que se mencionan a continuación.

- Baxter, P.L., Bernstein, R.S., Falk, H., French, J. and Ing, R., 1982, Medical aspects of volcanic disasters: An outline of the hazards and emergency response measures: *Disasters*, v. 6, n. 4, p. 268-276.
- Caselli, A.T. y Vélez, M.L., 2011. Riesgo Volcánico. En *Geología y Recursos Naturales de la provincia del Neuquén*. Ed.: H. Leanza, C. Arregui, O. Carbone, J. Danieli y J Vallés. Asociación Geológica Argentina, Buenos Aires, pp. 601-608. ISBN 978-987-22403-3-2.
- Cronin, S.J., and Sharp, D.S., 2002, Environmental impacts on health from continuous volcanic activity at Yasur (Tanna) and Ambrym, Vanuatu: *International Journal of Environmental Health Research* 12, p. 109-123.
- Flaathen T. K., S. R. Gislason 2007. Contamination of Surface Waters caused by Volcanic Ash Fall. *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 9, 04401,
- Hindin, E., 1981, Rendering ash contaminated water potable, in Keller, S.A.C. (eds), *Mount St. Helens One Year Later: Eastern Washington University Press*, p. 237.
- Hindin, E., 1981, Rendering ash contaminated water potable, in Keller, S.A.C. (eds), *Mount St. Helens One Year Later: Eastern Washington University Press*, p. 237.
- Hoverd, J., Johnston, D., Stewart, C., Thordarsson, T. and Cronin, S., (in prep), Impacts of volcanic ash on water supplies in Auckland: Science Report, Institute of Geological and Nuclear Sciences, Wellington.
- Johnston, D., Dolan, L., Becker, J., Alloway, B., Weinstein, P., 2001, Volcanic ash review – Part 1: Impacts on lifelines services and collection/disposal issues: Auckland Regional Council Technical Publication, No. 144, 50 p.
- Johnston, D.M., 1997, Physical and social impacts of past and future volcanic eruptions in New Zealand, Unpublished Ph.D. thesis, University of Canterbury, Christchurch, 288 p.
- Johnston, D.M., 1997, Physical and social impacts of past and future volcanic eruptions in New Zealand, Unpublished Ph.D. thesis, University of Canterbury, Christchurch, 288 p.
- Moen, W.S. and McLucas, G.B., 1980, Mount St. Helens ash: Properties and possible uses: Report of Investigation 24, Washington Department of Natural Resources, Division of Geology and Earth Resources, 60p.
- Mount St Helens Technical Information Network Bulletins: U.S. Federal Emergency Management Agency, Federal Coordinating Office.
- Narváez Porras Octavio y Fernando Cano Valle, 2004, Cenizas volcánicas *Revista del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias* 17 (3).
- Newcomb Timothy W. and Thomas A. Flagg. Some Effects of Mt. St. Helens Volcanic Ash on Juvenile Salmon Smolts. *Marine Fisheries Review*
- Noji, E. 2000. Impacto de los desastres en la salud pública. Organización Panamericana de la Salud. Bogotá, p. 191.
- Oskarsson, N., 1980, The interaction between volcanic gases and tephra: Fluorine adhering to tephra of the 1970 Hekla eruption: *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, v. 8, p. 251-266.
- Riffó, P., Fuentealba, G., Gardeweg, M y Moreno, H. 1989. Erupción del volcán Lonquimay 1988-1989. Ediciones Universidad de la Frontera, 24 pp.
- Rivera-Tapia, A., A. Yañez-Santos, L. Cedillo-Ramirez, 2005. Emisión de ceniza volcánica y sus efectos. *Ecosistemas* 14 (3): 107-115.



## *Manual de Procedimientos ante Caída de Cenizas Volcánicas*



- C. Stewart a,□, D.M. Johnston b,□, G.S. Leonard b, C.J. Horwell c, T. Thordarson d, S.J. Cronin, 2006. Contamination of water supplies by volcanic ashfall: A literature review and simple impact modelling. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 158: 296–306
- Thorarinsson, S., 1979, On the damage caused by volcanic eruptions with special reference to tephra and gases, in Sheets, P.D. and Grayson, D.K. (eds.), *Volcanic activity and human ecology*: Academic Press, p 125-156.
- Warrick, R.A., Anderson, J., Downing, T., Lyons, J., Ressler, J., Warrick, M., Warrick, T., 1981, Four communities under ash - after Mount St. Helens: Program on Technology, Environment and Man, Mongraph 34, Institute of Behavioral Science, University of Colorado, 143 p.
- Weniger, B.G., Gedrose, M.B., Lippy, E.C., Juranek, D.D., 1983, An outbreak of waterborne giardiasis associated with heavy water runoff due to warm water and volcanic ashfall: *American Journal of Public Health* v. 73, p. 868-872.
- Wilcox, R.E., 1959. Some effects of recent volcanic ash with special reference to Alaska: U.S. Geological Survey Bulletin 1028 N, Washington D.C., U.S. Government Printing Office, p. 409-476.

### **Informes Inéditos**

- Instituto Geofísico del Perú. IGP. Varios informes sobre vigilancia y control de la actividad fumarólica de Sabancaya, Ubina.
- Alerta y medidas de prevención para los equipos de salud ante erupciones volcánicas, 2008. Subsecretaría de Salud-Provincia del Neuquen
- Chavira Sevilla Horacio. 1999. Planes de contingencia para el bienestar de los animales en caso de desastres naturales. Mexico D.F.
- Clifton, G. y Costa J., 1993. Efectos ecológicos y socioeconómicos producidos por las cenizas del volcán Hudson. Informe inédito Gobierno Santa Cruz. 199 p.
- Comisión de Emergencia Volcánica (varios autores), 1991, Erupción del Volcán Hudson, Efectos sobre el Territorio de la Provincia de Santa Cruz. 1991. Informe Inedito INTA, SENASA, entre otros.

### **WEB**

***IVHHN - The International Volcanic Health Hazard Network. <http://www.ivhhn.org/>***