

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATOLICA DEL  
ECUADOR

FACULTAD DE MEDICINA

ESPECIALIDAD EN MEDICINA DE EMERGENCIAS Y  
DESASTRES



**IMPACTO PROVOCADO POR EL VOLCAN TUNGURAHUA EN LA SALUD DE  
LOS POBLADORES DE PENIPE DURANTE EL PERIODO ERUPTIVO  
COMPRENDIDO ENTRE EL AÑO 2003-2010.**

DISERTACION PREVIA A LA OBTENCION DEL TITULO DE ESPECIALISTA EN  
MEDICINA DE EMERGENCIAS Y DESASTRES

**AUTORAS:** DRA. PALADINES ERREIZ JULIA LILIANA

DRA. ZAMORA ROSERO CARLA PATRICIA

**DIRECTOR DE TESIS:** DR. JUAN PAUL CARRASCO SIERRA

**QUITO, DICIEMBRE 2011**

## **DEDICATORIA**

**A Dios por ser mi sentido de vida y luz que me guía todos los días.**

**A mis tutores y maestros por su abnegado trabajo.**

**A mi familia por su presencia incondicional.**

**A mi compañera por su apoyo y comprensión.**

## **AGRADECIMIENTO**

Un sincero agradecimiento a la comunidad de Penipe, quienes a pesar de vivir en constante peligro y luego de haber perdido sus bienes nos reciben siempre con una sonrisa amable.

Al Instituto Geográfico Militar y al Instituto Geofísico de la Politécnica Nacional quienes brindaron su aporte ilimitado en conocimientos para la obtención de información.

Al Ministerio de Salud Pública, y organismos sectoriales de Tungurahua y Chimborazo por su amplia contribución para el desarrollo de esta tesis.

A nuestros esposos Santiago y Efraín y a nuestros pequeños hijos Nicolás, Bruno, Juan José e Izaskun quienes con su inmenso amor nos apoyaron para llevar a cabo este proyecto.

## TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION

1

### CAPITULO I

#### GENERALIDADES

#### 1. DESASTRES NATURALES EN EL ECUADOR

#### 2. VOLCANES

##### 2.1. Materiales gaseosos

##### 2.2. Materiales líquidos

##### 2.3. Materiales sólidos

##### 2.3.1 Bloques y bombas

##### 2.3.2 Lapilli y gredas

##### 2.3.3 Ceniza o polvo volcánico

##### 2.4 Morfología de los volcanes

##### 2.4.1 Cámara magmática

##### 2.4.2 Chimenea

##### 2.4.3 Cráter

##### 2.4.4 Cono volcánico

##### 2.5 Tipos de volcanes

##### 2.5.1 Estratificados

##### 2.5.2 Conos de ceniza

##### 2.5.3 Volcanes en estudio

##### 2.6 Tipos de erupciones

##### 2.6.1 Hawaiano

##### 2.6.2 Vulcaniano

##### 2.6.3 Estromboliano

##### 2.6.4 Vesubiano o Plineano

##### 2.6.5 Peleano

##### 2.6.6 Krakatoano

## **2.7 Amenazas volcánicas directas**

### **2.7.1 Gases volcánicos**

### **2.7.2 Ceniza volcánica**

### **2.7.3 Flujos de lavas**

### **2.7.4 Flujos piroclásticos (flujos calientes de ceniza)**

### **2.7.5 Caídas de Tefra y proyectiles balísticos**

## **2.8 Amenazas volcánicas indirectas**

### **2.8.1 Deslizamientos o derrumbes volcánicos**

### **2.8.2 Lahares**

### **2.8.3 Tsunamis**

### **2.8.4 Erupciones submarinas**

### **2.8.5 Erupciones de cieno**

### **2.8.6 Erupciones fisurales**

### **2.8.7 Fumarolas**

#### **2.8.7.1 Fumarolas secas**

#### **2.8.7.2 Fumarolas ácidas**

#### **2.8.7.3 Fumarolas alcalinas**

#### **2.8.7.4 Solfataras**

#### **2.8.7.5 Mofetas**

### **2.8.8 Erupciones de agua**

#### **2.8.8.1 Geiseres**

#### **2.8.8.2 Soffioni**

#### **2.8.8.3 Salsas**

**CAPITULO II**  
**VOLCAN TUNGURAHUA**

- 1. VOLCAN TUNGURAHUA**
- 1.1 Ubicación geográfica**
- 1.2 Generalidades del volcán Tungurahua**
- 1.3 Análisis de la vulnerabilidad en relación con el volcán Tungurahua**
- 1.4 Población afectada**
  - 1.4.1 Cantón Penipe**
    - 1.4.1.1 Características demográficas**
      - 1.4.1.2 Servicios básicos**
      - 1.4.1.3 Economía**
      - 1.4.1.4 Atractivos Turísticos**
      - 1.4.1.5 Parroquias**
- 1.5 Período eruptivo del volcán Tungurahua**

**CAPITULO III**

**ENFERMEDADES CAUSADAS POR EL FENOMENO ERUPTIVO**

- 1. CONSIDERACIONES CLINICAS**
- 1.1 Enfermedades respiratorias**
- 1.2 Enfermedades oftalmológicas**
- 1.3 Enfermedades dermatológicas**
- 1.4 Estrés postraumático**
  - 1.4.1 Tipos de eventos post traumáticos**
  - 1.4.2 Aspectos generales de la evaluación de estrés postraumático**
  - 1.4.3 Síntomas del estado del estrés postraumático**
    - 1.4.3.1 Reexperimentación del evento traumático**
    - 1.4.3.2 Incremento de la activación**
    - 1.4.3.3 Conductas de evitación y bloqueo emocional**

**1.4.4 Ataques de pánico**

**1.4.5 Depresión**

**1.4.6 Ira y agresividad**

**1.4.7 Abuso de drogas**

**1.4.8 Conductas extremas de miedo y evitación**

**1.4.9 Criterios diagnósticos del trastorno por estrés postraumático**

**1.4.10 Criterios diagnósticos clasificación internacional de las enfermedades CIE-10**

**1.4.11 Pautas para el diagnóstico**

## **CAPITULO IV**

### **MEDIDAS DE ATENCIÓN PARA MITIGAR EL EFECTO DEL VOLCAN TUNGURAHUA**

**1. Albergues**

**2. Aspectos de interés sanitario en una erupción volcánica**

**3. Impacto en la calidad de agua**

**4. Alteraciones de la calidad de aire**

**5. Seguridad alimentaria**

**METODOS**

**RESULTADOS**

**DISCUSION**

**RECOMENDACIONES**

**GLOSARIO**

**BIBLIOGRAFIA**

**APENDICE**

**LISTA DE CUADROS**

**Tabla 1. Principales catástrofes acaecidas en el Ecuador entre los siglos XVI y XX**

**Tabla 2. El proceso retroactivo de los desastres y su incidencia en la pobreza**

**Tabla 3. Alertas desarrolladas para el volcán Tungurahua**

**Tabla 4. Pirámide de la población del cantón Penipe**

**Tabla 5. Cuadros comparativos de los procesos eruptivos con las enfermedades prevalentes en relación con el tiempo.**

**Cuadro 1. Número de casos por año**

**Cuadro 2. Enfermedades respiratorias**

**Cuadro 3. Enfermedad diarreica**

**Cuadro 4. Enfermedades dermatológicas**

**Cuadro 5. Enfermedades oftalmológicas**

**Cuadro 6. Estrés postraumático**

**Tabla 6. Altura de la ceniza volcánica**

**Tabla 7. Relación de las enfermedades respiratorias con la ceniza volcánica**

**Tabla 8. Relación de las enfermedades diarreicas con la ceniza volcánica**

**Tabla 9. Relación de las enfermedades dermatológicas con la ceniza volcánica**

**Tabla 10. Relación de las enfermedades oftalmológicas con la ceniza volcánica**

#### **LISTA DE MAPAS**

**Mapa 1. Riesgo volcánico a nivel mundial**

**Mapa 2. Ubicación geográfica**

**Mapa 3. Zonas de riesgo**

**Mapa 4. Cantones afectados por la erupción volcánica**

**Mapa 5. Regiones de mayor alcance en el proceso eruptivo del volcán**

## **RESUMEN**

Este documento de tesis tratará de mostrar un análisis global a través del tiempo de los cambios provocados en la salud de los pobladores de Penipe en relación con las diferentes erupciones de volcán Tungurahua y por tanto de la constante emanación de ceniza.

El método de análisis empleado es observacional, ecológico de series temporales; que relaciona los datos del Instituto Geográfico Militar y del Instituto Geofísico de la Politécnica Nacional, concerniente con la expulsión de ceniza volcánica con los datos de morbilidad de la población obtenidos de los concentrados mensuales enviados a la Dirección Provincial de Salud de Chimborazo desde Enero de 2003 hasta diciembre de 2010.

La erupción casi constante del volcán Tungurahua produce cambios en el mapa epidemiológico de los pobladores en las zonas afectadas; ya sea por efecto directo de la ceniza volcánica o por los desplazamientos humanos.

Otro aspecto a analizarse es el estrés postraumático, medido de forma individual y colectiva a través de encuestas estandarizadas, aplicadas a pobladores evacuados en albergues temporales. Cabe destacar que la comunidad demuestra cierto grado de adaptación debido a la convivencia a lo largo de diez años con el volcán, por lo cual no presentan alteraciones psicológicas agudas ni crónicas.

## **ABSTRACT**

This thesis intends to provide a comprehensive analysis over time causing changes in the health of the inhabitants of Penipe in relation to the various eruptions of Tungurahua volcano and hence the constant emission of ash.

The analytical method used was observational, ecological time series, which relates the Military Geographic Institute data and the Geophysical Institute of the National Polytechnic, concerning the expulsion of volcanic ash morbidity data obtained from population concentrates sent monthly to the Provincial Directorate of Health of Chimborazo from January 2003 through September 2009.

The almost constant eruption of Tungurahua volcano produces changes in the epidemiological map of the residents in affected areas, either by direct effects of volcanic ash or human movement.

Another aspect to be analyzed is post-traumatic stress, measured individually and collectively through standardized questionnaires, applied to people evacuated in shelters.

Significantly, the community demonstrates some degree of adaptation due to the coexistence over ten years with the volcano, which have no acute or chronic psychological disorders.

## ***Introducción***

Los desastres constituyen momentos de ruptura o crisis, cuyas repercusiones en el desarrollo de una población o un territorio son determinantes y causan muchas veces un retroceso.

Para el sector salud es altamente prioritario determinar la vulnerabilidad de los establecimientos de salud y promover en sus políticas la inclusión de planes, programas y proyectos para reducir los efectos de los desastres. Esto debería ser válido tanto para la creación de nuevos establecimientos de salud, como para desarrollar los ya existentes.

El ciclo de los desastres está compuesto por siete etapas: prevención, mitigación, preparación, alerta, respuesta, rehabilitación y reconstrucción. De este orden se deriva que el manejo de los desastres corresponde al esfuerzo de prevenir su ocurrencia, mitigar las pérdidas, prepararse para sus consecuencias, alertar su presencia, responder a la emergencia y recuperarse de los efectos. Esta gestión de riesgos está estrechamente relacionada con el desarrollo local. No obstante largos años de trabajo destinado a promover el desarrollo local y regional se anulan en apenas unos días: excesivas precipitaciones, desbordamientos de ríos, deslizamientos de tierra, ceniza producto de una erupción volcánica, entre otros, afectan infraestructuras como escuelas, centros de salud y viviendas, arrasan con la producción agrícola ganadera y en general desestabilizan rápidamente a las zonas afectadas.

Estas consecuencias hacen pensar que la disminución de la vulnerabilidad y el desarrollo de capacidades locales de respuesta ante desastres, deben ser parte de todo un plan y estrategia de desarrollo razonable.

Proyectos de desarrollo que desde su fase de diseño, consideren el impacto potencial de los desastres podrían reducir la vulnerabilidad de las comunidades a las que están dirigidos, y así construir proyectos venideros e inversiones sostenibles.

En el caso de Ecuador, esta concepción es de vital importancia si se toman en cuenta los múltiples desastres ocurridos y las pérdidas que estos han generado.

En las últimas décadas en el territorio ecuatoriano se han ocasionado una serie de fenómenos de origen natural de gran magnitud y extensión que fueron ocasionalmente catastróficos y cuyo carácter destructivo causó graves desequilibrios socioeconómicos y ambientales. La base de datos EM DAT (Emergency Events Database) del *Centre de Recherches sur L'Epidémiologie des Désastres* (CRED, Universidad de Lovaina, Bruselas) registra 101 desastres en el Ecuador desde inicios del siglo XX, que han causado la muerte de aproximadamente 15.000 personas y han dejado siniestradas a más de 4 millones.

El historial de erupciones del volcán Tungurahua y la constante emanación de ceniza datan desde 1534 hasta la fecha, tornándose casi constante su actividad desde 1999.

Uno de los peligros volcánicos de mayor afectación por su alcance y dispersión son las nubes de ceniza. Estas nubes son producto de las explosiones y emisiones de los volcanes durante períodos eruptivos. Debido a que el material piroclástico cubre una superficie que se puede extender hasta cientos de kilómetros, la peligrosidad de este fenómeno estará determinada por el volumen de material emitido, la intensidad y duración de la erupción, la dirección y velocidad del viento; así como también se deben considerar los efectos en salud.

Además se ven afectadas otras esferas de la población como problemas con el ganado, destrucción de plantas, daños en los motores (vehículos, aviones, maquinarias en general, transformadores, etc), contaminación de fuentes y reservorios de agua y riesgo de colapso de techos; es importante mantener el seguimiento minucioso de las nubes de ceniza para minimizar el impacto de este fenómeno.

En el caso del volcán Tungurahua, desde el inicio de su actividad eruptiva en 1999 hasta el momento, el fenómeno volcánico de mayor presencia, distribución y afectación en área ha sido la caída de ceniza como producto de las emisiones y explosiones que se han presentado continuamente en

períodos de actividad importante. Esta distribución y caída de ceniza ha estado controlada por la emisión de los vientos, que regionalmente van de oriente a occidente. Sin embargo, localmente existen variaciones en dirección a poca altura y distancia del viento que compromete tanto a las poblaciones asentadas en las faldas del volcán como a aquellas distantes a donde llega la ceniza.

La caída de miles de toneladas de ceniza casi diariamente en las zonas aledañas al volcán consideradas de alto riesgo, provocó que alrededor de 50.000 habitantes rurales más, de las provincias de Tungurahua y Chimborazo, abandonaran sus hogares y tierras, al no poder soportar las condiciones inhóspitas en las que vivían. La condición de salud de estos pobladores en particular, ha sido plenamente investigada existen registros de atención en los sub-centros de salud tanto de Chimborazo como de Tungurahua en los que se encuentra alta prevalencia de infecciones respiratorias, diarreicas, afecciones oftálmicas entre otras. La caída de la ceniza y el abandono de las tierras han provocado además un impacto significativo sobre la agricultura y sobre las actividades productivas de la población.

## **CAPITULO I**

### **1. Desastres naturales en el Ecuador**

El advenimiento correlativo de una multitud de eventos menores que no tuvieron impactos tan devastadores, revela la exposición de casi todo el país a las amenazas de origen natural. En efecto, se han producido innumerables eventos, pero cabe advertir que los registros históricos solo mencionan aquellos que tuvieron consecuencias notables en los asentamientos humanos. En otros términos es casi imposible establecer un inventario exhaustivo de los fenómenos ocurridos. Tomando en cuenta este sesgo, en la tabla 1 presentamos las principales catástrofes acaecidas en el Ecuador entre los siglos XVI y XX y los sectores afectados con los registros de mayores pérdidas humanas y/o materiales.

Como se muestra en la figura numero 1, existe una estrecha relación entre desastres y desarrollo a nivel local o regional; sin embargo, en varias ocasiones se ejecutan proyectos de desarrollo a nivel local o regional sin tomar en cuenta el impacto potencial de los desastres. Los esfuerzos están dirigidos a mejorar el desarrollo local o rural, incluyendo proyectos de seguridad alimentaria, apoyo a microempresas y generación de nuevos ingresos.

El Gobierno Nacional invierte altas sumas de dinero para mitigar la pobreza ocasionada por los desastres y subsidiar las necesidades de la población

afectada; sin embargo en muchos casos los ingresos no llegan hasta las clases más necesitadas sino solo a gobiernos seccionales.

Un factor importante en el aspecto de cómo afrontar los desastres naturales en el Ecuador es el nivel cultural y las creencias de la gente; en casos de evacuación, los pobladores se aferran a sus pertenencias y sus tierras minimizando en muchas oportunidades el valor de sus propias vidas. A esto se suma el hecho de las peticiones continuas y repetitivas hacia las autoridades de turno para reestablecer estructuras afectadas por fenómenos naturales en lugar de tratar de reubicar a la población para disminuir el impacto de daños colaterales.

Cada año se destinan medios económicos para estructurar proyectos de prevención de desastres naturales con participación activa de la ciudadanía, sin embargo el entusiasmo puede durar poco, quedar solo en teoría o perder fuerza por la falta de credibilidad de la gente cuando sus requerimientos básicos no son atendidos según lo manifiestan los propios pobladores.

## **2. Volcanes**

Se denomina volcán a un lugar donde la roca fundida por el calor existente en el interior de la tierra, mezclada con gases calientes emergen a la superficie a través de una abertura denominada cráter; una montaña volcánica puede tener en su cumbre y costados uno o más cráteres.

Los volcanes son conductos o fisuras en la corteza terrestre, a través de los cuales el magma es forzado hacia la superficie. Esto es lo que conocemos como lava. El magma es roca fundida, que puede provenir del manto, de la fusión de la placa en hundimiento, o de ambas fuentes.

La llegada del magma a la superficie y la concomitante disminución de la presión a que estaban sometidos, permiten que los gases sean liberados en forma explosiva, ascendiendo violentamente a la atmósfera y arrastrando con ellos parte del material contenido en el magma. El magma fundido que sale del volcán, al perder una parte importante de los gases disueltos y bajar su temperatura a menos de 1000°C, se torna más viscoso y pasa a denominarse lava.

Los volcanes se encuentran en los bordes de las placas. Sus erupciones pueden ser explosivas, expulsando violentamente distintos materiales; no explosivas, que generan derrame de lava; o combinadas.

Los materiales rocosos provenientes del enfriamiento de la lava o aquellos que fueron expulsados en forma sólida y que se consolidaron sobre la superficie de la tierra son denominados rocas piroclásticas o tefra. Dependiendo de su tamaño, las rocas piroclásticas se denominan cenizas (menos de 2mm) o lapilli a aquellas de mayor tamaño.

Las erupciones cuando son de tipo explosiva, pueden producir densas columnas de gases, cargadas de material piroclástico que ocasionalmente

pueden penetrar en la estratósfera y alcanzar alturas superiores a los 20 Km, estas son las denominadas columnas eruptivas.

Los materiales que arrojan los volcanes durante las erupciones pueden ser de tres clases:

**1. gaseosos,**

**2. líquidos y**

**3. sólidos**

### **2.1 Materiales gaseosos:**

Los más abundantes son: vapor de agua, dióxido de carbono, nitrógeno, hidrógeno, ácido clorhídrico y cloruros volátiles, gases sulfurosos y sulfhídrico, metano y otros hidrocarburos.

Además de por el cráter, los gases se desprenden también de las lavas fundidas y por las grietas del suelo. Si preceden a las erupciones, o son posteriores a ellas, se designan con el nombre de fumarolas.

Los gases expulsados durante las erupciones pueden tener una densidad tal que arrastren cenizas en suspensión, formándose las llamadas nubes ardientes.

## **2.2 Materiales líquidos:**

Los productos líquidos reciben el nombre general de lavas que como se mencionó antes, son magmas que salen por el cráter y se deslizan por la superficie circundante.

Las que son muy fluidas, como las basálticas, al desbordar por el cráter o las fisuras del cono volcánico, se deslizan con facilidad por las vertientes formando a veces verdaderas cascadas (Mauna-Loa) y por la superficie del suelo.

La superficie de la corriente de lava en contacto con el aire se enfría con rapidez y con frecuencia forma una costra que aísla el interior, donde la lava puede permanecer fluida mucho tiempo y continuar deslizándose.

## **2.3 Materiales sólidos:**

También llamados piroclastos (piros: fuego; clastos: fragmentos).

Según su tamaño se clasifican en:

### **2.3.1 Bloques y bombas**

### **2.3.2 Lapilli y gredas**

### **2.3.3 Ceniza o polvo volcánico**

- **Bloques y bombas:** de tamaño comprendido entre varios centímetros a metros. Si las lavas son muy viscosas al producirse

la explosión son lanzadas al aire y su parte externa cristaliza rápidamente permaneciendo su interior fluido, por lo que al caer al suelo se agrietan como corteza de pan, llamándose panes volcánicos. Si las lavas son menos viscosas las bombas adquieren formas de huso al ir girando en su trayectoria.

- **Lapilli y gredas:** de tamaño mayor a 2 mm.
- **Cenizas o polvo volcánico:** partículas de menos de 2 mm que debido a su tamaño pueden ser transportadas por el viento a grandes distancias.

Cuando en las lavas viscosas se liberan los componentes volátiles, ocasionan una expansión que forma cavidades no comunicadas entre sí, generando la característica piedra pómez. La consolidación de estos piroclastos forman las tobas volcánicas y aglomerados.

Son **amenazas volcánicas directas** los flujos piroclásticos (oleadas, flujos de pómez y ceniza, nubes ardientes); caídas de tefra (ceniza, lapilli, bloques y bombas); avalanchas volcánicas, colapso estructural y gases volcánicos y las **amenazas volcánicas indirectas** son los deslizamientos, flujos de lodo o lahares, tsunamis, lluvia ácida y la circulación atmosférica de cenizas y material particulado. El daño potencial de una erupción está en función del tipo de volcán, tipo y magnitud de la erupción, topografía, condiciones meteorológicas y vulnerabilidad de los elementos expuestos. Generalmente las erupciones más dañinas son las más explosivas. Una erupción explosiva expulsa hacia la atmósfera fragmentos de roca sólida y

fundida (tefra), así como gases volcánicos con gran energía. Los fragmentos más grandes de roca (bombas o proyectiles balísticos) pueden caer hasta distancias de 4 kilómetros o más del cráter o centro de emisión. Los fragmentos más pequeños (menores a 2 mm de diámetro) de vidrio volcánico, minerales y roca (ceniza), se elevan muy alto en el aire, formando una enorme y turbulenta columna eruptiva.

Las columnas eruptivas pueden crecer rápidamente y alcanzar más de 20 kilómetros sobre el volcán en menos de 30 minutos, formando una nube de cenizas. Las nubes eruptivas grandes pueden extenderse cientos o miles de kilómetros en la dirección del viento, y producir lluvias de ceniza sobre áreas de gran extensión; el viento transporta las partículas de ceniza más pequeñas a mayores distancias y puede poner en serio peligro a la navegación aérea. Una lluvia de ceniza intensa puede colapsar o derribar edificios, e incluso una lluvia menor de ceniza puede dañar cultivos, sistemas electrónicos y maquinaria.

#### ***2.4 Morfología de los volcanes***

Las partes de un volcán típico son:

1. cámara magmática,
2. chimenea,
3. cráter y
4. cono volcánico.

2.4.1 La cámara magmática es la zona de donde procede la roca fundida o magma, que forma la lava.

2.4.2 La chimenea es el canal o conducto por donde asciende la lava.

2.4.3 El cráter es la zona por donde los materiales son arrojados al exterior durante la erupción.

2.4.4 El cono volcánico está formado por la aglomeración de lavas y productos fragmentados.

Con frecuencia, fracturas del cono volcánico o explosiones eruptivas, dan lugar a cráteres adventicios que se abren en los flancos o en su base y cuyas chimeneas secundarias comunican con la principal.

La forma de los aparatos volcánicos depende de la naturaleza de la lava y de los componentes gaseosos, lo cual da lugar a sus diferentes tipos.

Si la lava es muy viscosa (ácida) el cráter queda taponado con la lava solidificada formando un saliente con aspecto de aguja o pitón.

Si la lava es intermedia, alternando las erupciones de lava con la expulsión de materiales piroclásticos se forman los estrato volcanes.

Los conos volcánicos presentan una pendiente acusada, por acumulación de coladas sucesivas, con alternancia de lavas y rocas piroclásticas.

Si la lava es fluida, se forman amplios volcanes en escudo, con conos de pequeña pendiente y base muy ancha

Calderas son depresiones estructurales cuyo origen puede ser por erosión, hundimiento o explosión.

## **2.5 Tipos de volcanes**

De acuerdo a su génesis, su estructura y su forma, los volcanes pueden clasificarse como volcanes estratificados, conos de ceniza y volcanes en escudo.

2.5.1 Los volcanes **estratificados** suelen ser los más altos y con pendientes más abruptas, están formados por corrientes de lava intercaladas con material fragmentario. Esta conformación demuestra que durante su génesis tuvieron períodos de actividad explosiva seguidos por épocas donde predominaron las efusiones más tranquilas de flujos de lava.

2.5.2 Los volcanes de **cono** de ceniza se forman por el acopio de material particulado, especialmente cenizas y otros materiales de mayor tamaño que se enfrían y solidifican en el aire y que caen en los alrededores de la chimenea o centro de emisión. Este tipo de volcanes no suele tener laderas con pendientes muy fuertes, son de base circular y forma cónica.

2.5.3 Los volcanes en **escudo** son aquellos que se forman por numerosas emanaciones de lavas fluidas que se van acumulando una tras otra

conformando una estructura de gran diámetro pero de escasa altura y con pendientes muy suaves.

## **2.6 Tipos de erupciones**

Considerando los distintos parámetros propios de los volcanes, esto es dependiendo de su explosividad, la temperatura de los magmas, composición, tipo y cantidad de gases; de la cantidad de productos volátiles que acompañan a las lavas y de su **fluidez** (magmas básicos) o **viscosidad** (magmas ácidos), las erupciones volcánicas tienen diferentes denominaciones, que nacen en general de los nombres de volcanes famosos. Entre ellos podemos mencionar:

**2.6.1 Hawaiano** (*nombre derivado de los volcanes de las islas de Hawai*): erupción bastante tranquila sin efluvios gaseosos que provocan explosiones. Sus lavas son muy fluidas que se desbordan cuando rebasan el cráter y se deslizan con facilidad, formando verdaderas corrientes a grandes distancias. Algunas partículas de lava, al ser arrastradas por el viento, forman hilos cristalinos que los nativos llaman cabellos de la diosa Pahoehoe (diosa del fuego). Son volcanes de poca altura y poca pendiente (volcanes en escudo).

**2.6.2 Vulcaniano** Toma el nombre del volcán Vulcano en las islas Lípari ubicadas en el mar Tirreno. En este tipo de volcán se desprenden grandes cantidades de gases de un magma poco fluido que se consolida con rapidez; por ello las explosiones son muy fuertes y pulverizan la lava, produciendo gran cantidad de cenizas que son lanzadas al aire acompañadas de otros

materiales fragmentarios. Cuando la lava sale al exterior se consolida rápidamente, pero los gases que se desprenden rompen y resquebrajan su superficie, que por ello resulta áspera y muy irregular, formándose lavas fragmentadas.

**2.6.3 Estromboliano** Recibe el nombre del Stromboli, volcán de las islas Lípári, en el mar Tirreno, al Norte de Sicilia. Es una condición mixta entre el tipo Hawaiano y el Vulcaniano. Por un lado, la lava es fluida, con desprendimientos gaseosos abundantes y violentos, con proyecciones de escorias, bombas y lapilli. Debido a que los gases pueden desprenderse con facilidad, no se producen pulverizaciones o cenizas. Cuando la lava rebosa por los bordes del cráter, desciende por sus laderas y barrancos, pero no alcanza tanta extensión como en las erupciones de tipo hawaiano.

**2.6.4 Vesubiano o Plineano** (*nombre derivado del volcán Vesubio en Italia, cuya erupción fue descrita por Plineo*). Se diferencia del vulcaniano en que la presión de los gases es muy fuerte y produce explosiones muy violentas. Forma nubes ardientes que, al enfriarse producen precipitaciones de cenizas, que pueden cubrir grandes sectores y llegar a sepultar ciudades como ocurrió con Herculano y Pompeya durante la erupción del año 79 del volcán Vesubio.

**2.6.5 Peleano** (*nombre que proviene del Mont Pelé, ubicado en la Isla Martinico de las Antillas*). Es célebre por su erupción de inicios del siglo XX (1902), que ocasionó la destrucción de su capital, San Pedro, esto ocurrió el

8 de mayo, cuando las paredes del volcán cedieron a tan enorme empuje, abriéndose un conducto por el que salieron con extraordinaria fuerza los gases acumulados a elevada temperatura y que, mezclados con cenizas, formaron la nube ardiente que alcanzó 30.000 víctimas. Su lava es extremadamente viscosa y se consolida con gran rapidez, llegando a tapar por completo la chimenea del cráter; esta obstrucción genera una enorme presión interior de gases que hace que el tapón formado se eleve a gran altura y que las paredes del volcán cedan y liberen con mucha fuerza una letal mezcla de gases y cenizas ardientes.

**2.6.6 Krakatoano** La explosión volcánica más formidable de las conocidas hasta la fecha fue la del volcán Krakatoa. Originó una tremenda explosión y enormes maremotos. Se cree que este tipo de erupciones son debidas a la entrada en contacto de la lava ascendente con el agua o con rocas mojadas, por ello se denominan erupciones freáticas.

### **2.7 Amenazas volcánicas directas**

De acuerdo a los antecedentes proporcionados por la Organización Mundial de la Salud, los principales componentes a considerar en una erupción volcánica capaces de ocasionar un riesgo de Salud Pública corresponden a la precipitación de las cenizas, la emanación de gases a la atmósfera y el escurrimiento de fluidos volcánicos capaces de entrar en contacto directo con hielos, nieves y cursos y cuerpos de agua, tanto subterráneos como superficiales.

Una nube volcánica que contenga ceniza y gases viajará en la dirección predominante del viento llevando muy lejos las partículas más finas y livianas. Los gases y otros materiales volátiles pueden ser adsorbidos en las partículas de ceniza, y al ser muchos de ellos altamente solubles serán disueltos por la lluvia, en los cursos o cuerpos de agua y en cultivos.

### **2.7.1 Gases volcánicos**

Los gases volcánicos se componen en la mayor parte de los casos de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>), dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>), sulfuro de hidrógeno (H<sub>2</sub>S), ácido clorhídrico (HCl) y/o ácido fluorhídrico (HF), elementos y compuestos que se caracterizan por constituir emisiones ácidas y muchos de ellos por ser altamente tóxicos. En menor proporción, también se puede encontrar metano (CH<sub>4</sub>), monóxido de carbono (CO), nitrógeno (N), argón (Ar), helio (He), hidrógeno (H<sub>2</sub>) y radón (Rn). Un riesgo adicional que se puede presentar son las emisiones tóxicas de mercurio inorgánico, lo que dependerá del tipo de volcán.

El magma volcánico contiene gases disueltos, los cuales escapan hacia la atmósfera, durante las erupciones y mientras el magma permanece estacionado cerca de la superficie. Más del noventa por ciento de todo el gas emitido por los volcanes es vapor de agua, la mayoría de la cual es agua subterránea calentada (proveniente de lluvias y ríos). Otros gases volcánicos comunes son el bióxido de carbono, el bióxido de azufre, el anhídrido sulfhídrico, el cloro y el flúor.

Tanto los compuestos de azufre como los cloruros y fluoruros reaccionan con el agua para formar ácidos venenosos, los cuales aun en concentraciones muy bajas son nocivos para los ojos, piel y el sistema respiratorio de humanos y animales. También pueden causar daño o destruir la vegetación. El bióxido de azufre puede reaccionar con las gotas de agua de la atmósfera y producir lluvia ácida, lo cual ocasiona corrosión y daños a la vegetación. El bióxido de carbono es más pesado que el aire, por lo que puede asentarse o mantenerse en áreas bajas en concentraciones letales para la gente y los animales.

El flúor, que en altas concentraciones es tóxico, puede ser absorbido por partículas de ceniza volcánica que caen más tarde sobre el suelo y puede envenenar el ganado que se alimenta de pastos cubiertos de ceniza y también puede contaminar los suministros de agua potable.

### **2.7.2 Ceniza volcánica**

La Ceniza volcánica se produce por el desmoronamiento de las rocas líticas por la descarga de presión sobre el magma. Su estructura porosa y húmeda le permite absorber gases volátiles solubles en el agua, siendo de especial preocupación la presencia de ácido fluorhídrico (HF) por su alta reactividad y facilidad para formar fluoruros. La ceniza puede estar compuesta por óxidos, principalmente de sílice, aluminio y hierro (80%), magnesio, calcio, sodio, potasio, plomo; metales pesados como vanadio, cromo, cobalto, níquel y zinc. Se presenta en forma de polvo de diversa granulometría, con alturas de

precipitación que van de los pocos centímetros (en zona mediana de riesgo) hasta más de un metro (en zona de alto riesgo). Respecto su composición, para el caso de magmas del tipo riolítico, se debe prestar especial atención a la Sílice Libre Cristalina, en sus tres polimorfos, Cuarzo, Cristobalita y Tridimita. Por otro lado, la precipitación de las cenizas y la emisión de gases pueden ocasionar en la fase eruptiva impactos ambientales relevantes tales como: alteración de la calidad del aire; alteración de la calidad del agua; alteraciones en la calidad del suelo y efectos en la agricultura y en la ganadería.

### **2.7.3 Flujos de lavas**

La composición química de la lava determina la viscosidad o capacidad de fluir de la misma, las lavas con mayor contenido de sílice ( $\text{SiO}_2$ ), presentan menor fluidez y por tanto las velocidades de avance están entre pocos metros a cientos de metros por hora, forma flujos de lavas cortos y de gran espesor o domos que cubren pocos kilómetros.

En cambio la lava basáltica que tiene bajo contenido de sílice puede formar corrientes de movimiento rápido (16 a 48 kilómetros por hora) o esparcirse en amplias capas delgadas de hasta varios kilómetros de amplitud. Dadas las velocidades de los flujos de lavas, que se consideran bajas, estas raras veces constituyen una amenaza para la vida humana, aunque hay circunstancias excepcionales. La mayor amenaza lo representa el daño o

destrucción total por enterramiento, trituración o incendios de todo lo que encuentra a su paso.

#### **2.7.4 Flujos piroclásticos (o flujos calientes de ceniza)**

Son masas secas y calientes ( $300^{\circ} > 900^{\circ}\text{C}$ ) de ceniza caliente, fragmentos de roca y gases que se movilizan rápidamente a ras de la superficie a velocidades de 160 a 240 kilómetros por hora. Pueden descender por los flancos de un volcán durante erupciones explosivas o cuando un domo de lava que esta creciendo se colapsa y se rompe en pedazos.

Un flujo piroclástico se compone de dos partes. Un flujo basal, denso que viaja a ras del suelo y una nube turbulenta de ceniza que precede o cabalga al flujo propiamente dicho. Estos se forman de diversas maneras: por colapso gravitacional de columnas eruptivas verticales, destrucción gravitacional o explosiva de domos lávicos y flujos de lavas calientes y por colapso de columnas eruptivas de poca altura. Este tipo de eventos presentan una amplia gama de composición y temperatura, volumen y tasa eruptiva, lo que se manifiesta en el amplio rango de distancias a los cuales este tipo de flujos puede movilizarse, tendiendo a seguir el curso de los valles, cauces, barrancas y quebradas, y son capaces de derribar y quemar todo en su camino.

Los flujos piroclásticos de bloques y cenizas por lo general son de poco volumen y baja movilidad, por lo que están restringidos a unas pocas

decenas de kilómetros de los centros de emisión. Mientras que los flujos piroclásticos de densidad menor, compuestos por pómez, lapilli y cenizas pueden extenderse hasta 200 km de distancia y cubrir miles de kilómetros cuadrados de superficie. La energía y velocidad que estos flujos alcanzan le permite sobrepasar barreras topográficas de cientos de metros de altura y por lo tanto tienen la capacidad de afectar áreas que yacen fuera de las cuencas hidrográficas cuyas cabeceras apuntan hacia el frente del volcán.

#### **2.7.4 Caídas de tefra y proyectiles balísticos**

La tefra constituye el peligro directo de mayor alcance derivado de erupciones volcánicas, son una amenaza para la vida y las propiedades debido a la fuerza del impacto de los fragmentos que caen, a las partículas en suspensión en el aire y agua, al transporte de gases nocivos ácidos, sales y al enterramiento que producen. La tefra está constituida por fragmentos de roca y lava que han sido expulsadas hacia la atmósfera y que luego caen nuevamente sobre la superficie terrestre.

Las partículas son transportadas hacia arriba por medio de columnas eruptivas, las cuales consisten de una zona inferior de empuje de gases y por una zona superior convectiva. La columna asciende hasta que su densidad es igual a la de la atmósfera, y posteriormente se expande lateralmente formando una amplia nube o penacho, al incrementarse la distancia desde el centro de emisión la capa de tefra presenta una disminución en tamaño del grano y forma depósitos mas delgados.

La altura de la columna eruptiva esta determinada por la temperatura del material y por la tasa de emisión del mismo, los cuales en conjunto con la dirección y fuerza del viento, son los factores que controlan el transporte de tetra a grandes distancias. La tefra varia de tamaño desde ceniza (< 2 mm) a lapilli (2 a 64 mm) hasta bloques y bombas (>64mm). Las densidades varían desde pómez y escorias de baja densidad, hasta fragmentos líticos muy densos. Cuando está húmeda incrementa su densidad lo que puede generar colapsos de edificios.

Los proyectiles balísticos abandonan el cráter a velocidades de entre decenas a centenas de metros por segundo y siguen trayectorias que no son afectadas por la dinámica de la columna eruptiva o por el viento. El peligro de impacto por grandes fragmentos es máximo cerca del cráter y decrece al incrementarse la distancia del mismo.

## ***2.8 Amenazas volcánicas indirectas***

### **2.8.1 Deslizamientos o derrumbes volcánicos**

Un deslizamiento o avalancha de escombros es un movimiento rápido pendiente debajo de material rocoso, nieve y/o hielo. Los deslizamientos volcánicos varían de tamaño, desde movimientos pequeños de escombros poco consolidados hasta colapsos masivos de la cima completa o de los

flancos de un volcán. Los volcanes con pendientes inclinadas son propensos a los deslizamientos o derrumbes porque están contruidos parcialmente de capas de fragmentos de roca suelta. Algunas rocas de volcanes también han sido transformadas en minerales de arcilla plástica debido a la alteración hidrotermal por acción del agua subterránea ácida y caliente.

Los deslizamientos de las pendientes de los volcanes se desatan cuando las erupciones, la lluvia intensa o los terremotos de gran magnitud causan que estos materiales se rompan y se muevan pendiente abajo.

### **2.8.2 Lahares**

Los flujos de lodo o flujos de escombros que están compuestos principalmente de materiales de los flancos de un volcán se denominan lahares. Estos flujos de lodo, roca y agua, pueden ser calientes o fríos y pueden bajar torrencialmente por los valles, barrancas, quebradas y corrientes de agua de las laderas del volcán. Pueden recorrer mas de 80 kilómetros a velocidades de 32 a 65 kilómetro por hora. Algunos lahares contienen una cantidad tan elevada de detritos (del 60 al 90% en peso), que parecen ríos rápidos de concreto húmedo. Lejos de su fuente, estos flujos pueden inundar con lodo todo a su paso.

Históricamente, los lahares han sido uno de los peligros volcánicos más mortíferos, y pueden ocurrir durante una erupción o incluso cuando el volcán

está tranquilo. El agua que crea los lahares puede provenir de lluvias intensas o del rompimiento de un lago situado en un cráter elevado o descongelamiento de la nieve. Los lahares de gran magnitud son un peligro potencial para muchas comunidades ubicadas en las laderas o partes bajas de los volcanes.

### **2.8.3 Tsunamis**

Los tsunamis pueden ser generados por la actividad volcánica cuando grandes masas de agua, son repentinamente desplazadas por una erupción o deslizamiento. La erupción del Krakatoa en 1883 provocó un tsunami que mato a más de 34.000 personas.

### **2.8.4 Erupciones submarinas**

En los fondos oceánicos se producen erupciones volcánicas cuyas lavas, si llegan a la superficie, pueden formar islas volcánicas. Éstas suelen ser de corta duración en la mayoría de los casos, debido al equilibrio isostático de las lavas al enfriarse y por la erosión marina. Algunas islas actuales como las Cícladas (Grecia) y las Galápagos en Ecuador, tienen este origen.

### **2.8.5 Erupciones de cieno**

Hay volcanes que ocasionan gran número de víctimas, debido a que sus grandes cráteres están durante el reposo convertidos en lagos o cubiertos de nieve. Al recobrar su actividad, el agua mezclada con cenizas y otros

restos, es lanzada formando torrentes y avalanchas de cieno, que destruyen, todo lo que encuentran a su paso.

### **2.8.6 Erupciones fisurales**

Son las que se originan a lo largo de una dislocación de la corteza terrestre, que puede tener varios kilómetros. Las lavas que fluyen a lo largo de la rotura son fluidas y recorren grandes extensiones formando amplias mesetas o traps, con un kilómetro o más de espesor y miles de kilómetros cuadrados de superficie.

### **2.8.7 Fumarolas**

Son emisiones gaseosas de las lavas en los cráteres a temperaturas más o menos elevadas. Su composición varía según la temperatura de las lavas, de tal manera que va cambiando desde que las fumarolas aparecen hasta su extinción.

*Clasificación:*

2.8.7.1 *Fumarolas secas:* Son las que se desprenden de la lava en fusión, en las proximidades del cráter. Su temperatura es superior a 500° C. Están compuestas principalmente por cloruros de sodio, potasio y anhídrido sulfuroso y carbónico.

2.8.7.2 *Fumarolas ácidas:* Con temperaturas comprendidas entre 300° C y 400° C, están constituidas por gran cantidad de vapor de agua, con ácido clorhídrico y anhídrido sulfuroso.

2.8.7.3 *Fumarolas alcalinas*: Temperatura próxima a los 100° C, contienen vapor de agua con ácido sulfhídrico y cloruro amónico.

2.8.7.4 *Solfataras*: De temperatura inferior a 100° C, consisten en emisiones de vapor de agua y ácido sulfhídrico. La solfatara de Pozzuoli, en las cercanías del Vesubio, produce azufre nativo explotable industrialmente.

2.8.7.5 *Mofetas*: Son fumarolas frías que desprenden dióxido de carbono. Surgen por grietas del suelo en regiones volcánicas y también por los cráteres, cuando la erupción ya ha terminado. Son famosas la gruta del Perro en Nápoles y el Valle de la Muerte en Java.

### **2.8.8 Erupciones de agua**

#### *2.8.8.1 Géiseres*

Son otra forma de actividad volcánica atenuada, verdaderos volcanes de vapor de agua hirviendo. Están constituidos por una chimenea que abre en un cráter en forma de cubeta, situado en un pequeño cono poco elevado sobre el nivel del suelo. Son erupciones intermitentes de agua hirviendo, algunas muy ricas en sílice, que depositan en forma de «geiserita» (variedad de ópalo); otras forman concreciones calizas marmóreas e incluso verdaderas cascadas pétreas.

#### *1.8.8.2 Soffioni*

Consisten en desprendimientos de vapor de agua, de temperatura superior a 100°C, que tienen lugar por las grietas y hendiduras del suelo en ciertas

regiones volcánicas italianas (Toscana), que al enfriarse depositan ácido bórico y boratos.

### *2.8.8.3 Salsas*

Son pequeños conos por cuyo cráter se emiten agua salada y cieno, con gran cantidad de dióxido de carbono, que se desprende en forma de burbujas. Son frecuentes en Sicilia, Islandia, México, etc.

La composición y proporciones de los gases del aire en nuestra atmósfera actual ya nos ponen de manifiesto la escasa coincidencia con los gases volcánicos. El gas mayoritario del aire (seco y sin impurezas) es el nitrógeno (78% en volumen), le sigue el oxígeno molecular (21%) y, ya con porcentajes menores el argón (0,9%), y el dióxido de carbono (0,03%), entre otros que, aunque con concentraciones muy bajas, resultan enormemente influyentes en determinados procesos (hidrógeno molecular, metano, dióxido de nitrógeno, monóxido de carbono, ozono, etc.).

El Ecuador en el contexto mundial es considerado uno de los países con mayor actividad volcánica y que ha producido a lo largo del tiempo numerosas erupciones de importancia, tal como lo muestra el mapa 1; que han ocasionado diversas consecuencias.

## **CAPITULO II**

### **1. VOLCAN TUNGURAHUA**

#### ***1.1 Ubicación geográfica***

El volcán Tungurahua es uno de los más activos en el Ecuador. Se encuentra localizado en la Cordillera Oriental de los Andes (Cordillera Real), a 33 Km al Sureste de la ciudad de Ambato (capital de la provincia de Tungurahua) y 120 Km al Sur de Quito (capital del Ecuador), en las coordenadas geográficas 1.46° de latitud Sur y 78.4 de longitud Oeste.

#### ***1.2 Generalidades del Volcán Tungurahua***

El volcán Tungurahua es un estratovolcán joven con una forma cónica que se eleva hasta una altura máxima de 5023 metros sobre el nivel del mar, tiene flancos con pendientes entre 30° y 35° con un diámetro basal de 14 km en la dirección Norte-Sur. El volcán cuenta con un cráter de aproximadamente 400 metros de diámetro y 100 metros de profundidad. La topografía circundante varía entre 2000 y 3000 metros de elevación; los ríos Patate y Chambo descienden respectivamente del Norte y Sur en dirección del volcán, para formar el Río Pastaza en el extremo Noroeste del mismo. Los profundos valles de los ríos Bascun y Ulba descienden directamente de la cumbre del volcán y cortan el flanco Norte y Nororiental del mismo hasta desembocar en el río Pastaza. Pertenece a la Cordillera Real. Este estratovolcán consiste de tres edificios sucesivos, uno de los cuales ha sido

parcialmente destruido por 2 grandes colapsos sectoriales. El edificio más antiguo, denominado Tungurahua-I está representado en los flancos Norte, Oriental y Sur. El cono intermedio, Tungurahua-II, está representado por una serie de flujos de lava en la parte superior del flanco Sur; y el edificio joven, Tungurahua-III, un cono casi simétrico con pendientes entre 30° y 35°, ocupa el flanco Occidental, rellenando la o las calderas de avalancha.

A mediados de 1998, el volcán Tungurahua entra en una etapa de reactivación. En octubre de 1999 se acentúa su intensidad con un aumento considerable de la microsismicidad y la producción de fuertes emisiones de vapor de agua, ceniza y flujos piroclásticos.

En octubre de 1999 por recomendación del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional, la Presidencia de la República decretó la alerta naranja en las zonas de mayor riesgo ante la erupción del volcán, lo que significó la evacuación de alrededor de 25000 personas asentadas en más de medio centenar de poblaciones ubicadas en sus estribaciones.

Un importante grupo de personas evacuadas fueron a refugios temporales, principalmente en Ambato y Riobamba, mientras que otro grupo se desplazó a diferentes lugares del país. En enero del 2000, la población bajo su responsabilidad regresa de manera violenta a la zona de riesgo pese a estar todavía vigente la alerta naranja. Según pobladores, el proceso eruptivo ha generado impactos negativos en la salud de las personas, las actividades

productivas, la agricultura, la ganadería y la calidad del agua de consumo, especialmente en fuentes de abastecimiento y plantas de tratamiento.

A partir de la tercera semana de octubre de año 1999, se inicia su proceso eruptivo, el mismo que se caracteriza por frecuentes explosiones, acompañadas de emisiones de ceniza y vapor de agua, además de material incandescente en la cumbre

El proceso eruptivo es intenso hasta octubre del 2000, luego de lo cual viene un periodo de relativa calma que dura aproximadamente cinco meses, el cual se caracteriza por la ausencia de emisiones notables de vapor de agua y gases, con la excepción de unas pequeñas columnas de ceniza que son emitidas a principios de enero del 2001.

A partir de la tercera semana de marzo del 2001 hasta agosto del mismo año, el volcán continúa con emisiones frecuentes de ceniza y vapor de agua, luego de lo cual el proceso se intensifica y se mantiene hasta la actualidad.

La actividad tipo estromboliana se mantuvo hasta octubre del 2002 y luego disminuyó hasta mayo de 2003 cuando reaparece leve actividad con manifestaciones de poca energía que se incrementa en junio de ese año. Durante el 2004 se presenta actividad oscilatoria que aumenta por dos ocasiones, la primera entre mayo y junio y la segunda al finalizar el año entre noviembre y diciembre.

En 2005 hubo un marcado descenso de actividad, pero en el 2006 el incremento fue paulatino desde enero hasta julio; en ese mes se registraron fuertes explosiones hasta agosto. Toda esta actividad disminuyó sustancialmente en el 2007 y reaparece en el 2008 aunque con menos intensidad que en el 2006.

Desde abril de 2009 hasta diciembre del mismo año se presentaron explosiones de intensidad moderada a baja, confirmándose la menor actividad de la década.

Entre enero y febrero de 2010 la actividad que se mantenía baja se incrementa rápidamente en pocos días, manteniéndose así hasta julio de 2010; luego de esta fecha no se reconocieron mayores incidentes hasta diciembre.

El sábado cuatro de diciembre de 2010 la actividad se incrementa notablemente, por consiguiente las autoridades decretaron alerta roja, que aunque duró pocas horas, volvieron las evacuaciones masivas a los albergues.

A continuación se detallan las características de cada alerta manejadas por el Gobierno Nacional, según la monitorización continua del Instituto Geofísico de la Politécnica Nacional a través del observatorio Guadalupe ubicado en las inmediaciones del volcán (Tabla 2)

### ***1.3 Análisis de la Vulnerabilidad en relación con el volcán Tungurahua***

Ser vulnerable a un fenómeno natural es ser susceptible de sufrir daño y tener dificultad de recuperarse de ello. No toda situación en que se halla el ser humano es vulnerable. Hay situaciones en las que la población sí está realmente expuesta a sufrir daño de ocurrir un evento natural peligroso (sismo, aluvión, huracán, tempestad eléctrica, etc. Hay otras, en cambio, en que la gente está rodeada de ciertas condiciones de seguridad, por lo cual puede considerarse protegida.

La vulnerabilidad de los pueblos se puede dar por varios factores:

- 1) Cuando la gente ha ido poblando terrenos que no son buenos para vivienda, por el tipo de suelo, por su ubicación inconveniente con respecto a huaycos, avalanchas, deslizamientos, inundaciones, etc.
- 2) Cuando ha construido casas muy precarias, sin buenas bases o cimientos, de material inapropiado para la zona, que no tienen la resistencia adecuada, etc.
- 3) Cuando no existe condiciones económicas que permitan satisfacer las necesidades humanas (dentro de las cuales debe contemplarse la creación de un hábitat adecuado).

Esta falta de condiciones socioeconómicas puede desagregarse en desempleo o subempleo y, por tanto, de falta de ingreso o ingreso insuficiente, escasez de bienes, analfabetismo y bajo nivel de educación, formas de producción atrasadas, escasos recursos naturales, segregación social, concentración de la propiedad, etc.

Todos estos son elementos causantes de la vulnerabilidad física que presentan algunos pueblos y lastimosamente la provincia de Tungurahua. Si los hombres no crean un hábitat seguro para vivir es por dos razones: la necesidad extrema y la ignorancia. Ambas razones a su vez tienen causas detectables y modificables, algunas de las cuales forman parte de la misma estructura social y económica de un país.

De otro lado, las precarias condiciones económicas son por sí mismas también condiciones de vulnerabilidad, ya que la magnitud de daño real es mayor si la población carece de los recursos a partir de los cuales pueda recuperarse (recursos económicos: ahorros, seguro, propiedad de tierras, etc.; recursos naturales: formación, criterios técnicos, elementos básicos de seguridad, conocimientos sobre las funciones de cada organismo de ayuda, etc.; recursos sociales: organización, experiencia de trabajo conjunto, participación comunal, etc.)

Las condiciones de vulnerabilidad que una población presenta no son condiciones que se hayan dado independientemente del hombre. Muy por el

contrario, es el mismo hombre quien las ha creado, y al hacerlo se pone de espaldas a la naturaleza, corriendo el riesgo de resultar dañado si ocurriese un fenómeno natural determinado.

Las circunstancias de vulnerabilidad se van gestando y pueden ir acumulándose progresivamente configurando una situación de riesgo (que muchas veces se inadvierte, se trata de minimizar o se menosprecia temerariamente). Así, por ejemplo, una vivienda cuando es nueva puede ser segura y resistente para el medio en que uno vive, pero con el tiempo, debido al uso y la falta de mantenimiento, podría deteriorarse y debilitarse hasta un límite en que resulta un potencial sepulcro para sus ocupantes.

#### ***1.4 Población afectada***

Durante el proceso eruptivo, las columnas de ceniza se han ido depositando en los flancos suroeste y noroeste del volcán, por efecto de los vientos procedentes del oriente ecuatoriano; el escenario involucra a dos Provincias:

- a. *Provincia de Tungurahua*, con sus Cantones Baños, Pelileo, Quero, Cevallos, Mocha y Tisaleo
  
- b. *Provincia de Chimborazo*, principalmente los Cantones de Guano y Penipe.

El Cantón Penipe ha generado una zonificación de áreas de mayor riesgo volcánico, a partir de los Mapas de Riesgo del Instituto Geofísico de la EPN, con lo que ha sido posible cuantificar espacialmente las áreas de mayor exposición a riesgo (por flujo lahárítico y caída de piroclásticos) mediante la “Categorización por Zonas de Riesgo del Cantón de Penipe”, la cual ha clasificado el territorio en tres zonas:

Zona de Alto Riesgo, Zona de Mediano Riesgo y Zona de Seguridad (mapa 2)

Aunque la experiencia volcánica permitió también realizar esta “categorización”, es necesario mencionar que el trabajo efectuado por el Instituto Geofísico previo a la emergencia, se acercó mucho a la realidad luego de la mayor erupción volcánica en agosto de 2006.

#### **1.4.1 Cantón Penipe**

Penipe es un cantón de la Provincia de Chimborazo que se ha convertido en un área de constante preocupación por la cercanía al volcán y por tanto su afectación directa tanto en la salud de sus pobladores cuanto en su economía (mapa 3)

Se sitúa entre los 2.500 metros sobre el nivel del mar en las faldas y los 5.424, en el nevado Los Altares.

Se encuentra ubicado en el noreste de la provincia, a 22 km de distancia de la ciudad de Riobamba, con una extensión territorial de 240 km<sup>2</sup>. Su latitud es 1° 34' sur y su longitud 78° 31' 60" oeste. La temperatura media es de 13-15 °C.

Penipe se fundó el 4 de octubre de 1563, por Don Lorenzo de Cepeda. En 1945 ya en la vida republicana del Ecuador, pasó a formar parte del Cantón Guano como parroquia rural y eclesiástica, con sus caseríos: Bayushig, Matus, El Altar, Calshi, Nabuzo, la Candelaria y Shamanga. Luego las comunidades fueron erigiéndose en parroquias así El Altar, Matus, Bayushig, Puela.

Limita al norte con la quebrada de los Motilones, al sur con Río Blanco al este desde Paila Cajas hasta la Laguna Enjallinado y al oeste con el río Chambo.

Clima templado en los valles, frío en los páramos, glacial en el área del nevado el Altar.

Tiene una carretera asfaltada, que antes de suscitarse el problema del Volcán Tungurahua conducía a la ciudad de Baños, al momento se encuentra interrumpida por ocho grandes quebradas.

#### **1.4.1.1 Características demográficas**

Conforme con los resultados del VI Censo de población y V de Vivienda, realizado en noviembre del 2001, el 74% de la población de este cantón (4798 habitantes) vive en el área rural, de la cual el 15% (699 habitantes) se asienta en la parroquia Puela y el 7% (342 habitantes) en la parroquia Bilbao.

De acuerdo con el Sistema Integrado de Indicadores Sociales del Ecuador, SIISE, la pobreza por necesidades básicas insatisfechas, alcanza el 22,52% de la población total del cantón, y la extrema pobreza al 3,75%.

Según los datos presentados por el Instituto Ecuatoriano de Estadísticas y Censos (INEC), y según el Censo del 2001, el Cantón Penipe presenta una base piramidal ancha (tabla 3), a expensas de la población escolar y adolescente, con un porcentaje algo menor de niños que se encuentran entre los 0 y 4 años, lo cual se explicaría por la migración existente desde este cantón a diversos lugares de la provincia y el país. La tasa de crecimiento anual de la población para el período 1990-2001, fue de 0,8%.

La población femenina alcanza el 50,3%, mientras que la masculina, el 49,7%. El analfabetismo en mujeres se presenta en 4%, mientras que en varones: 2,4%.

### **1.4.1.2 Servicios básicos**

Los servicios básicos tienen las siguientes coberturas:

- Tienen acceso a la red de alcantarillado, el 71% de las viviendas.
- Servicio higiénico exclusivo, el 84,69% de los hogares.
- Algún tipo de eliminación de excretas 96,2%.
- Agua entubada por red pública dentro de la vivienda: 0,28%.
- Energía eléctrica 99,34%.
- Servicio telefónico 69,17%.
- Servicio de recolección de basuras: 58,83% de las viviendas,

En general el déficit de servicios básicos es de 97,55%

### **1.4.1.3 Economía**

La ubicación de gran parte del suelo en una ladera que recibe vientos del Pacífico favoreció el desarrollo de huertos de manzanos, duraznos, aguacates y otros frutales.

La población del cantón Penipe se ocupa en: agricultura y ganadería el 50%, fruticultura el 25% y avicultura 13%, el resto de la población comparte las actividades domésticas con labores múltiples como tejidos, artesanías, labores industriales, elaboración de quesos.

Actualmente y pese a las adversidades, la población de encuentra empeñada en salir adelante haciendo lo que siempre ha hecho a lo largo del

tiempo, esto es sembrar la tierra, situación que se ve reflejada por el alto porcentaje de la población económicamente activa de la población rural que se dedica en un 80% a la agricultura.

En lo que a esta actividad se refiere, la zona de Puela antes de la erupción se caracterizaba por ser principalmente frutícola, con productos de temporada como manzana, reina claudia, durazno, etc. Por su parte en Bilbao los principales productos eran el tomate, taxo, granadilla, maíz y mora entre los principales. En ambos casos la producción estaba destinada al mercado regional, especialmente del centro del país.

Con la erupción del volcán, es justamente este sector en conjunto con el forestal e industrial los que mayor impacto han recibido; donde se han perdido alrededor de 51000 hectáreas de cultivos de maíz, cereales, papas, hortalizas, leguminosas, pastos y frutales, además de cultivos bajo invernadero como es el caso del tomate.

La ceniza cubre con una capa gris los campos que antes fueron muy productivos, encontrándose terrenos y viviendas abandonados, en varios de los cuales sus techos han colapsado por efecto del peso de la ceniza acumulada. Otro de los problemas asociados con el volcán han sido los lahares que han bajado hacia el río Chambo durante las lluvias, por cuyo efecto se han formado amplias y profundas quebradas en al menos siete y ocho puntos de la carretera Penipe – Baños, por lo que la misma está suspendida al tránsito normal. En la actualidad esta vía es utilizada

exclusivamente por los moradores de la parroquia Bilbao, quienes han construido frágiles puentes de madera que permiten únicamente el paso de vehículos livianos.

#### **1.4.1.4 Atractivos turísticos**

Entre los principales atractivos se encuentran los ríos Chorreras, Cubilines Puela; así como podemos encontrar complejo sistema lacustre. Uno de los atractivos turísticos más importantes del cantón es el nevado Los Altares, que forma parte de la cordillera oriental de los Andes. El nombre se deriva de la forma del nevado, cuya silueta se asemeja a la de un altar gótico en forma de "U". En la caldera del extinto volcán se halla la Laguna Amarilla, que presenta la coloración que le da el nombre a raíz de los minerales disueltos en sus aguas. Desde este cantón también se tiene acceso al volcán Tungurahua y a las aguas termales de Palictahua.

**1.4.1.5 Parroquias** El cantón cuenta con una parroquia urbana que es la cabecera cantonal Penipe y 6 parroquias rurales:

- Bayushig
- Bilbao
- La Candelaria.
- El Altar.
- Matus.
- Puela.

### ***1.5 Período eruptivo del volcán Tungurahua***

Gracias a la instrumentación instalada por el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional en el año de 1988, se ha podido seguir la evolución de varias señales geofísicas, que indicaron con anticipación que el volcán Tungurahua entraba a fines de los años 90 en una fase de reactivación.

Los primeros indicios de la reactivación del Tungurahua se dieron en enero de 1993; para el primer semestre de este año dicha reactivación se evidenció con una explosión freática. Para los años siguientes, 1994-1998, la actividad se incrementó paulatinamente, es así, que en julio de 1999 se registraron eventos sísmicos asociados al ascenso desde grandes profundidades de magma y una eventual actividad fumarólica, indicando la eminente reactivación del volcán. En este mismo año (1999), durante los meses de septiembre-diciembre, la actividad sube a niveles muy altos. La presencia de explosiones freáticas (5 de octubre), reportes de incandescencia y expulsión de bloques en el cráter (11 de octubre), generación de explosiones con los primeros cañonazos, emisiones y caídas de ceniza y la ocurrencia de los primeros flujos de lodo caracterizaron este periodo.

Durante el 2000, la actividad volcánica se mantiene en niveles altos; sin embargo, en el último bimestre, ésta disminuye notablemente; las

explosiones y emisiones de ceniza fueron menos frecuentes. Esta actividad se mantuvo hasta el primer semestre de 2001, ya que posteriormente (mayo-2001) se evidencia una nueva inyección de magma, generando una fuerte actividad explosiva (cañonazos). Hasta finales de ese mismo año.

Erupciones con columnas eruptivas cargadas de ceniza produjeron el depósito de una capa hasta 3 cm de espesor en las poblaciones inmediatas hacia el oeste del volcán y más de 10 cm en los flancos superiores del Tungurahua. Este estilo eruptivo, actividad tipo estromboliana, emisiones continuas de ceniza, explosiones de tamaño moderado a grande, se mantuvo hasta octubre del 2002, en donde nuevamente la actividad sísmica y superficial del Tungurahua disminuye. Manifestaciones de poca energía pero con una desgasificación continua se dieron hasta mayo de 2003. A partir de junio de 2003, se evidencia un nuevo incremento de actividad, observándose a simple vista fuentes de lava, actividad estromboliana y algunos bloques que descendieron por el flanco noroeste formando un conjunto de "lenguas o dedos". Al igual que en años anteriores, en el 2004, la actividad del volcán fue oscilatoria, con meses de una importante actividad como mayo-julio y noviembre-diciembre. En este periodo, se apreciaron fuentes de lava, una actividad estromboliana y explosiones energéticas cuyos cañonazos en una ocasión rompieron vidrios de algunas casas de la zona de Baños al suroeste del volcán. En el resto de 2004, la actividad relativamente fue baja, sin embargo se produjeron explosiones y emisiones de ceniza. Por otro lado, durante el 2005 se presentó un notable descenso

de la actividad sísmica y superficial. No ocurrieron explosiones, pero en superficie se pudo apreciar las emisiones de vapor de agua con un leve a moderado contenido de ceniza.

En el 2006 la actividad sísmica y las manifestaciones superficiales cambian con respecto a lo registrado en los 6 años anteriores. El incremento de la actividad fue paulatino durante enero-febrero, acentuándose en marzo-abril. Durante mayo-junio y los primeros días de julio se registran fuertes explosiones cuyos cañonazos pudieron ser escuchados a 20 km a la redonda, también fue posible sentir la vibración del suelo y ventanales en un radio de 10 y 15 km respectivamente. Es así, que esta fase explosiva asociada a una importante liberación de energía, generó dos fases eruptivas caracterizadas por la ocurrencia de flujos piroclásticos (14 de julio y 16 de agosto) y un flujo de lava (posterior al 16 de agosto). Asociados a estas fases eruptivas se generaron además depósitos de caída de ceniza que afectaron principalmente la zona ubicada al lado occidental del volcán). En los meses siguientes la actividad del volcán se mantuvo en un nivel moderado a alto, caracterizado por la generación de explosiones, actividad tipo fuente de lava, fases estrombolianas y emisiones de ceniza, cuya dirección fue principalmente hacia el oeste. Toda esta actividad disminuyó sustancialmente durante el 2007. Una actividad sísmica y superficial similar a lo ocurrido en el 2005 fue evidente en el transcurso de este periodo; sin embargo, para enero de 2008, un nuevo incremento en los niveles monitoreados desencadenó una nueva erupción (05 de febrero) de

características similares al 2006 pero de menores proporciones. Niveles de actividad moderada se registraron hasta el 04 de agosto de 2008.

Para inicios de 2009, nuevamente se incrementa la actividad, explosiones de carácter estromboliano, emisiones con carga de variable de ceniza fueron evidentes en intensidad moderada. A partir del segundo cuatrimestre de 2009 hasta el 31 de diciembre, la actividad del volcán Tungurahua mostró los niveles más bajos de actividad jamás registrados desde su reactivación. Emisiones discretas de vapor de agua, ligera actividad fumarólica en el borde NE del cráter y salida de un gas de coloración azul se mantuvieron sin mostrar cambios importantes.

Entre enero y febrero de 2010, la actividad sísmica y superficial se incrementa rápidamente, pasando de niveles muy bajos a niveles altos, en pocos días. A partir de este repunte y gran liberación de energía, el estilo eruptivo del Tungurahua sufre un cambio importante. Manifestaciones internas y externas en el primer semestre de 2010 desencadenaron descensos súbitos de flujos piroclásticos de origen secundario (colapso de bloques incandescentes). Actividad estromboliana que eyectaba bloques incandescentes hasta 2 km sobre el nivel de la cumbre, y el rodar de los mismos hasta 3800 metros sobre el nivel del mar; columnas eruptivas de hasta 7 km de altura con gran cantidad de ceniza, y un posible lago de lava al interior del cráter, mostraban la presencia de un cuerpo magmático con suficiente energía pero no la necesaria para generar eventos como los ocurridos en julio y agosto de 2006, y febrero de 2008. Posteriormente, el

nivel de actividad descendió de manera importante durante los meses de marzo, abril y mayo. Sin embargo, de manera súbita el 26 de mayo se produjo una explosión con una columna de vapor de agua de aproximadamente 7km. El 27 de mayo se registraron 4 sismos y el 28 de mayo, a las 14h00, una fuerte explosión vulcaniana que genera el descenso de flujos piroclásticos por los flancos norte, noreste y oeste del volcán, una columna eruptiva que se elevó por más de 10 km y que se dirigió al oeste y suroeste, provocando la caída de material volcánico de hasta 20cm de diámetro. Explosiones de fuerte intensidad que generaron vibración del suelo y ventanales en ciudades como Ambato, Baños, Cevallos, Mocha, Guano y Riobamba, con emisiones importantes de ceniza, se mantuvieron hasta julio de 2010.

Fenómenos como flujos de lodo o lahares fueron constantes en los periodos de lluvia, produciendo la destrucción de vías como la Penipe-Baños durante todo el periodo eruptivo del Tungurahua. Actualmente la actividad del volcán se mantiene en un nivel bajo con una tendencia aun más descendente; sin embargo, conociendo el comportamiento del volcán en estos 11 años no se descarta la posibilidad de nuevas fases altamente explosivas después de momentos de relativa calma.

El 4 de Diciembre del 2010 se declara alerta roja para el Volcán Tungurahua. El director del estatal Instituto Geofísico de Quito, Hugo Yépez, precisó a su vez que la zona de influencia en la que está vigente la alerta roja tiene un

radio de 8 km alrededor del volcán y se involucran todos los poblados aledaños.

Dentro de esa área está una parte de la localidad de Baños, con 15.000 habitantes y que atrae a turistas nacionales y extranjeros, así como las localidades de Bilbao y Palictahua.

## **CAPITULO III**

### **ENFERMEDADES CAUSADAS POR EL FENOMENO ERUPTIVO**

#### ***1. Consideraciones clínicas***

La severidad e intensidad de los efectos adversos de una explosión volcánica dependen de las características fisicoquímicas, de la cantidad de material expulsado, de factores relacionados con el medio ambiente como son el estado del tiempo, la dirección de los vientos, la intensidad de las lluvias, la densidad de la población afectada, el suministro de agua y la disponibilidad de sistemas de atención médica apropiados así como de factores relacionados con el huésped como son la intensidad de la exposición inmediata, la posibilidad de exposición crónica, la exposición a vegetación cubierta de polvo, factores que puede aumentar la susceptibilidad a la ceniza volcánica. Desde luego, existen situaciones indirectas como lesiones traumáticas provocadas por el calor y el flujo de lava, lodo y piedra y el impacto psicológico, social y económico que produce la catástrofe que son determinantes en la salud de los individuos afectados.

Una de las maneras de conocer el impacto en la salud de las personas afectadas es a través del cambio del perfil epidemiológico de las poblaciones antes y durante los procesos eruptivos, comparados a través del tiempo, nos

referiremos a las enfermedades más representativas en la población afectada.

### ***Enfermedades respiratorias.***

La actividad volcánica es una fuente natural de contaminación, la cual aporta una cantidad considerable de partículas nocivas, principalmente a la atmósfera. Se ha documentado que dicha actividad representa riesgos para los ecosistemas y las poblaciones tanto humanas como animales que se ubican cerca de los edificios volcánicos, no obstante se ha descrito que incluso seres vivos que se localizan a distancias considerables de las zonas con actividad volcánica también pueden verse afectados.

### ***Morbilidad***

Las características morbiliformes dependerán del tipo y composición de la ceniza volcánica y del tiempo e intensidad de exposición. Así, cenizas con altas concentraciones de azufre producen estados de hiperreactividad bronquial, en algunos casos, similar al originado en los estímulo antigénicos responsables del asma extrínseca, o de la bronquitis crónica industrial que pueden lesionar la mucosa de vías aéreas inferiores e incluso provocar alteraciones obstructivas crónicas.

Concentraciones bajas de SO<sub>2</sub> (dióxido de azufre) 0,3 a 1.00 ppm (partículas por millón) producen un olor desagradable muy característico; a concentraciones un poco mas altas, 1 a 50 ppm, el 99% del SO<sub>2</sub> es absorbido por la mucosa de las vías respiratorias superiores y no produce

lesiones en los bronquios; concentraciones muy altas pueden producir edemas en la laringe y la traquea, edema pulmonar y aún la muerte, o lesiones crónicas de las vías aéreas.

En el caso de las erupciones del volcán Tungurahua, las emisiones de SO<sub>2</sub> fluctúan entre 100 y 250 ppm, cuyos efectos se reflejaron en un sustancial incremento de la consulta médica en dos Centros Asistenciales de zonas que sufrieron mayor impacto de ceniza.

### *Mortalidad*

Datos históricos demuestran que la mortalidad inmediata por asfixia producida por la explosión masiva a concentraciones muy altas de ceniza volcánica es más bien escasa. Pudiendo evitar mediante el uso de equipos de protección respiratoria, que deben estar a disposición de todas las personas expuestas.

En tanto que las muertes que se producen de manera tardía se relacionan con la presencia de quemaduras extensas, necrosis de los tejidos, sépsis y bronconeumonía. En estudios histopatológicos post-mortem se encontraron lesiones granulomatosas tempranas y signos de daño alveolar agudo (síndrome de dificultad respiratoria aguda). Las circunstancias de la muerte hacen muy difícil separar los cambios producidos por acción directa de la ceniza volcánica, de lo que se relaciona con quemaduras, sépsis e infección respiratoria que también presentaban las víctimas.

El efecto que pudiese tener la ceniza es altamente dependiente del tamaño de las partículas, pues el material fino posee la capacidad de ingresar al sistema respiratorio con mayor facilidad que las partículas más gruesas. En general, partículas con diámetros mayores a los 15  $\mu\text{m}$  no penetran en el sistema respiratorio y sus efectos en la salud se encuentran más bien relacionados con irritaciones oculares. Aquellas partículas entre **10 y 15  $\mu\text{m}$**  son retenidas en la parte alta del sistema respiratorio, causando irritación en la garganta y en las vías nasales. Partículas menores a los **10  $\mu\text{m}$**  pueden afectar los bronquios, pudiendo dar origen a enfermedades como bronquitis o asma. Por último, fracciones más finas que **4  $\mu\text{m}$**  son catalogadas como partículas respirables. Estas pueden penetrar en los alvéolos pulmonares, produciendo silicosis y en casos extremos cáncer, cuando la exposición es prolongada en el tiempo.

Los efectos causados por la contaminación han permitido detectar manifestaciones y alteraciones, tanto en el hombre como animales, que aún no han sido bien definidas. Por ejemplo, la exposición de un grupo de ratas a cenizas, no favoreció la susceptibilidad a la infección por citomegalovirus; sin embargo, la infección por estreptococos provocó la muerte de los animales a las 24 horas, demostraron una mayor susceptibilidad a la infección por *Listeria monocytogenes* tras la exposición a ceniza, produciéndose daños en el tejido pulmonar.

Trabajos relacionados con la exposición a ceniza volcánica en modelos animales indican un aumento de los niveles de fibrinógeno en plasma y un incremento en el porcentaje de leucocitos polimorfonucleares, principalmente eosinófilos, así como una disminución del porcentaje de macrófagos a nivel alveolar. Por su parte, los estudios citogenéticos en animales que han sido expuestos a diferentes concentraciones y tipos de contaminantes ambientales muestran una elevada frecuencia de células alteradas.

La exposición a cenizas y sus efectos en la salud se manifiesta por la presencia de broncoespamos de la vía aérea en infantes. También se han registrado la aparición de síntomas respiratorios como disminución en el flujo espiratorio forzado (FEV) y aumento en la sintomatología respiratoria en poblaciones que se localizaron a 24 y 50 kilómetros del área volcánica.

La evaluación de la exposición ocupacional a ceniza volcánica de los guardabosques en Washington, mostró una disminución en los niveles de C3 y C4 (factores de complemento) con respecto al grupo de referencia, además de un marcado descenso de los niveles de inmunoglobulina G (IgG) en el suero después de un año de exposición a la ceniza volcánica. Los datos plantean que la exposición a la inhalación de ceniza afecta las funciones inmunológicas.

Estudios epidemiológicos realizados en Biancavilla, una población al oeste de Sicilia localizada en un área volcánica, han revelado el incremento en la

incidencia de mesotelioma pleural maligno, carcinoma, fibrosis pulmonar y daños en el ADN.

### ***1.2 Enfermedades oftalmológicas***

La irritación en los ojos es un efecto común, ya que una porción de arenilla puede provocar dolorosas erosiones en la parte frontal del ojo, abrasiones en la córnea y conjuntivitis. Las personas que utilizan de lentes de contacto deben ser especialmente conscientes de este problema y no ponerse las lentes de contacto.

Los síntomas más comunes en los ojos son: irritación ocular, escozor e inyección conjuntival, epífora, inflamación del saco conjuntival fotofobia sensación de cuerpo extraño, dolor, secreción etc.

Tal como ocurre con las complicaciones del aparato respiratorio, las molestias oculares son más intensas durante un periodo de dos a tres semanas posteriores a la erupción.

### ***1.3 Enfermedades dermatológicas***

En cuanto a problemas dermatológicos, se reportan efectos importantes en población expuesta a altas concentraciones de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>)

generalmente a grandes distancias del foco de emisión y cuando el afectado mantiene expuesta la piel al ambiente.

Las cenizas volcánicas pueden producir irritación especialmente si las cenizas son ácidas. Los síntomas incluyen:

- \_ Dermatitis caracterizada por irritación y enrojecimiento de la piel
- \_ Infecciones secundarias a rascado.

### **Otras consideraciones**

Las erupciones volcánicas y su alto contenido de gases y sustancias químicas pueden ocasionar la contaminación ambiental a través del aire y el agua. Una de estas sustancias es el arsénico, cuya peligrosidad puede causar deterioro en la salud a largo plazo. La enfermedad causada por el arsénico en el agua, llamada hidroarsenicismo crónico regional endémico puede presentar síntomas como lesiones en la piel, tumores malignos cutáneos y en oportunidades cáncer en órganos internos como el pulmón, estómago y vías urinarias, entre otros; por esta situación, hay que controlar y tratar el agua para evitar consumir arsénico en una forma indirecta.

### ***Control del agua***

Si bien hay zonas con agua contaminada por arsénico en todo el país, los sectores aledaños al volcán son los más afectados por hidroarsenicismo; cuyos signos clínicos pueden presentarse a largo plazo en varios miembros de la población. Según el Dr. Hermes Binner manifestó que uno de los

síntomas de esta enfermedad es el engrosamiento de la piel en las palmas de las manos y en las plantas de los pies.

### ***Avance silencioso***

El problema principal es que la presencia de arsénico en el agua pasa desapercibida si no se hacen los estudios correspondientes. Incluso, ni siquiera al hervir el agua se puede eliminar el tóxico. "Los síntomas de esta enfermedad comienzan a aparecer después de varios años de ingestión continua de agua con alto contenido de arsénico. Las manifestaciones en la piel consisten en primera instancia en un aumento de la transpiración en las palmas de las manos y en las plantas de los pies, que se ponen rojos y pican; luego se engrosa la piel de esos sitios y aparece una pigmentación oscura, especialmente en el tórax y el abdomen, salpicada por manchas blancas" (Dr. Saraceno 2005).

Los primeros casos de hidroarsenicismo crónico regional endémico fueron descritos en 1913 por el Dr. Mario Goyenechea. En aquellos tiempos se la denominaba "Enfermedad de Bell Ville", porque la mayoría de los pacientes provenían de esa ciudad cordobesa. Luego se detectaron casos aislados en distintas partes del mundo, llegando a ser un problema de alto alcance geográfico. "Las causas son en su mayoría naturales y se atribuyen a la presencia de cenizas volcánicas de la era terciaria que se depositaron en el suelo y erupciones nuevas que liberan este material. Pero también está el

impacto humano, causado por actividades como la minería, el uso de herbicidas y plaguicidas que contienen arsénico”

La Organización Mundial de la Salud redujo en 1993 el contenido de arsénico permitido en el agua que era de 50 microgramos por litro a 10 microgramos por litro. Sin embargo, en Ecuador se siguió manteniendo el nivel anterior hasta el 7 de junio de 2007, cuando finalmente se decidió adaptarse a las cifras antes mencionadas.

Otra forma indirecta de afectación en la piel es a través del daño de la capa de ozono causada entre otros factores por las erupciones volcánicas la misma que ofrece protección frente a la radiación procedente del sol. La radiación es una manera de transferir energía de un lugar a otro, normalmente viajando en líneas rectas llamadas rayos. El ozono es un gas constituido por tres átomos de oxígeno O<sub>3</sub>, que se forma y se descompone en la atmósfera sin intervención humana. Se crea cuando la radiación ultravioleta procedente del sol se encuentra con el oxígeno en la atmósfera. Las mayores cantidades de ozono se encuentran entre los 10 y 50 Km de altura, pero es más densa entre los 20 y 30 Km. dentro de la zona de la atmósfera conocida como estratosfera; a esta región se la conoce con el nombre de "capa de ozono", y forma un escudo protector frente a la radiación ultravioleta (UV) solar de onda corta, demasiada radiación ultravioleta puede producir efectos nocivos en plantas, animales, y la piel de los seres humanos.

Los clorofluorocarbonos, se usan como agente dispersante en los vaporizadores aerosol y como refrigerante. Sin embargo, en 1974, algunos científicos sugirieron que esos productos químicos llegaban a la estratosfera y estaban destruyendo la capa de ozono de la Tierra. Con la confirmación de estos descubrimientos al final de la década de 1980, la fabricación de esos productos químicos empezó a eliminarse por etapas. No obstante, los CFC pueden permanecer en la atmósfera durante más de 100 años, por lo que la destrucción del ozono continuará representando una amenaza durante décadas.

El adelgazamiento de la capa de ozono expone a la vida terrestre a un exceso de radiación ultravioleta, que puede producir cáncer de piel y cataratas, reducir la respuesta del sistema inmunitario, interferir en el proceso de fotosíntesis de las plantas y afectar al crecimiento del fitoplancton oceánico. Como ejemplo de la contaminación que poluciona la capa de ozono, podemos nombrar la presencia en la atmósfera de gran cantidad de ceniza volcánica y polvo tras una fuerte erupción.

### ***Consecuencias en el hombre***

La exposición excesiva del hombre a la radiación UV-B y la capacidad de esta para disminuir las defensas inmunológicas, significarán altas tasas de cáncer en la piel. Los resultados indican que los tipos más comunes y menos peligrosos de cáncer de piel, no melanomas, son causados por las

radiaciones UV-A. Sin embargo, este cáncer aunque es de los menos peligrosos, puede llegar a ser mortal.

Según los datos actuales una disminución constante del 10% de la capa de ozono conduciría a un aumento del 26% en la incidencia del cáncer de la piel. Las últimas pruebas indican que la radiación UV-B es causa de melanomas más raros pero malignos y virulentos. La gente de piel blanca que tiene pocos pigmentos protectores, es la más susceptible al cáncer cutáneo, aunque todos están expuestos al peligro. Un agotamiento del 5% en la capa de ozono podría significar un aumento de 240.000 casos de cáncer no melanoma en el mundo. La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos concluyó que una disminución del 1% en el ozono estratosférico podría significar un 2% de aumento en los casos de cáncer melanoma maligno en la población del mundo.

El aumento de la radiación UV-B también provocará un aumento de los males oculares tales como las cataratas, la deformación del cristalino y la presbicia. Se espera un aumento considerable de las cataratas, causa principal de la ceguera en todo el mundo. Una reducción del 11% de ozono puede provocar entre 100.000 y 150.000 casos adicionales de ceguera causada por cataratas. Las cataratas son causa de ceguera en 12 a 15 millones de personas en todo el mundo y causa problemas de visión a otras 18 a 30 millones. La radiación UV-C es más dañina que la UV-B causando ceguera por el reflejo de la nieve, pero es menos dañina como causante de ceguera por cataratas.

La exposición a una mayor radiación UV-B podría suprimir la eficiencia del sistema inmunológico del cuerpo humano. Las investigaciones confirman que la radiación UV-B tiene un profundo efecto sobre el sistema inmunológico, cuyos cambios podrían aumentar los casos de enfermedades infecciosas con la posible reducción de la eficiencia de los programas de inmunización. La inmunosupresión por la radiación UV-B ocurre independientemente de la pigmentación de la piel humana. Tales efectos exacerbarían los problemas de salud de muchos países en desarrollo.

#### ***1.4 Estrés postraumático***

##### **Historia del estrés traumático**

La exposición a eventos traumáticos y las consecuencias que de ello se derivan no es un fenómeno nuevo. Los seres humanos han estado experimentando tragedias y desastres a lo largo de toda la historia.

Evidencias de reacciones postraumáticas datan del siglo sexto antes de Jesucristo y se fundamentan en las reacciones de los soldados durante el combate (Holmes, 1985).

Las respuestas al estrés traumático han sido etiquetadas de muy diversas formas a lo largo de los años. Algunos términos diagnósticos utilizados han incluido los de Neurosis de Guerra, Neurosis Traumática, síndrome Post-Vietnam o Fatiga de Batalla (Meichenbaum, 1994)

El Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales (DSM-III) reconoció por primera vez el trastorno por estrés postraumático como una entidad diagnóstica diferenciada en el año 1980. Fue categorizado como un trastorno de ansiedad por la característica presencia de ansiedad persistente, hipervigilancia y conductas de evitación fóbica.

En 1994, el Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales (DSM-IV) fue publicado y en él se recogen, respecto a los criterios diagnósticos del trastorno, los últimos avances e investigaciones realizadas en el campo.

Según la OMS el estrés postraumático surge como respuesta tardía o diferida a un acontecimiento estresante o a una condición duradera de naturaleza excepcionalmente amenazante o catastrófica, que causaría por sí mismo miedo (por ejemplo: catástrofes naturales o producidas por el hombre, accidentes graves, el ser testigo de una muerte violenta, el ser víctima de tortura, violación u otro crimen (clínica de ansiedad).

Ciertos rasgos de la personalidad (por ejemplo compulsivos o asténicos) o antecedentes de enfermedades preexistentes, pueden ser factores predisponentes y hacer que descienda el umbral para el síndrome o para agravar su curso.

### **1.4.1 Tipos de eventos traumáticos**

Los eventos traumáticos son, en la mayoría de las ocasiones inesperados e incontrolables y golpean de manera intensa la sensación de seguridad y auto-confianza del individuo provocando intensas reacciones de vulnerabilidad y temor hacia el entorno.

Ejemplos de este tipo de situaciones son los siguientes:

- Accidentes
- Desastres naturales: huracanes, terremotos, inundaciones, avalanchas, erupciones volcánicas etc.
- Inesperadas muertes de familiares
- Asaltos/delitos
- Abusos físicos/sexuales en la infancia
- Torturas
- Secuestros
- Experiencias en combate

Otras formas de estrés severo (pero no extremo) pueden afectar seriamente al individuo pero generalmente no son los detonantes típicos de un trastorno por estrés postraumático, como por ejemplo la pérdida del puesto de trabajo, divorcio, fracaso escolar, etc.

Es importante destacar que a pesar de la heterogeneidad de los sucesos traumáticos, los individuos que directa o indirectamente han experimentado

este tipo de situaciones muestran un perfil psicopatológico común etiquetado en la actualidad bajo el rótulo de trastorno por estrés postraumático y en algunas ocasiones se presentan otros trastornos asociados como depresión, trastorno de ansiedad generalizada, ataques de pánico o abuso de sustancias.

En primer lugar se presentan algunos principios generales del proceso de evaluación clínica de este tipo de trastornos, destacando el papel de la entrevista dentro del mismo y enumerando algunos de los instrumentos más utilizados.

En segundo lugar se enumeran los síntomas más comunes relacionados con el trastorno por estrés postraumático y se describen brevemente algunas de las patologías asociadas en este trastorno y que requieren en la mayoría de las ocasiones de una evaluación y/o tratamientos específicos.

Para terminar se presentan los criterios diagnósticos más ampliamente utilizados en la actualidad en la práctica clínica, tomando como referencia el Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos Mentales (DSM-IV) y la Clasificación Internacional de las Enfermedades (CIE-10).

#### ***1.4.2 Aspectos generales de la evaluación de estrés postraumático***

El profesional que trabaja con este tipo de pacientes debe considerar el carácter multidimensional y necesariamente complejo de este tipo de trastornos. Una entrevista clínica global y multidimensional es una estrategia

de evaluación de primer orden para el adecuado diagnóstico del estrés traumático.

Un adecuado proceso de entrevista permite al paciente relatar su experiencia y sus impresiones del evento, teniendo la oportunidad de expresarse con libertad en un entorno seguro, empático y no crítico.

Los pacientes (y a menudo sus familiares más cercanos) necesitan sentirse comprendidos y apoyados mientras tratan de encontrar un significado a la experiencia recientemente vivida.

La entrevista también facilita una "alianza de trabajo" efectiva, necesaria para el normal desarrollo del proceso terapéutico en etapas posteriores, así como una ocasión única para el establecimiento de una adecuada relación terapéutica (rapport), imprescindible para el éxito en el tratamiento.

Además, la entrevista permite extraer los detalles de la experiencia vivida por el sujeto, evaluar los niveles pasados y presentes de funcionamiento del sujeto y determinar la modalidad de tratamiento así como también establecer los objetivos terapéuticos más adecuados en cada caso concreto.

Entre las entrevistas estructuradas más utilizadas se encuentran:

- Clinician Administered PTSD scale (CAPS; Blake et al., 1990)
- Anxiety Disorders Interview Schedule-IV (ADIS-IV; DiNardo , Brown, & Barlow, 1994).

Otros instrumentos de evaluación específicos utilizados son:

- Subescala del Minnesota Multiphasic Personality Inventory (MMPI; Keane, Malloy, & Fairbank, 1984; Schlenger & Kulka, 1987 ),
- The Penn Inventory for PTSD (Hammarberg, 1992).
- Escala de gravedad de síntomas para estrés postraumático Echeborúa et al. 1997
- Escala de Hamilton para valoración de estrés postraumático.

Es frecuente encontrar en este tipo de pacientes otros trastornos asociados, como trastornos de pánico, depresión o síndromes ansiosos, por lo que la evaluación de este tipo de trastornos debería ser parte del proceso evaluativo.

Una aproximación global que implique la recogida de información de diferentes fuentes, utilizando diversos métodos y a lo largo de diversos momentos es especialmente recomendable y necesario en el proceso de diagnóstico de este tipo de trastornos.

### ***1.4.3 Síntomas del estado del estrés postraumático***

Podríamos agrupar la sintomatología asociada más común en tres grandes bloques:

#### **1.4.3.1 RE-EXPERIMENTACIÓN DEL EVENTO TRAUMÁTICO**

- *Flashbacks* Sentimientos y sensaciones asociadas por el sujeto a la situación traumática
- *Pesadillas* El evento u otras imágenes asociadas al mismo ocurren frecuentemente en sueños.
- *Reacciones físicas y emocionales* desproporcionadas ante acontecimientos asociados a la situación traumática

#### **1.4.3.2 INCREMENTO ACTIVACIÓN**

- Dificultades conciliar el sueño
- Hipervigilancia
- Problemas de concentración
- Irritabilidad, impulsividad, agresividad

#### **1.4.3.3 CONDUCTAS DE EVITACIÓN Y BLOQUEO EMOCIONAL**

- Intensa evitación/huida/rechazo del sujeto a situaciones, lugares, pensamientos, sensaciones o conversaciones relacionadas con el evento traumático.
- Pérdida de interés
- Bloqueo emocional
- Aislamiento social

Los tres grupos de síntomas mencionados son los que en mayor medida se presentan en la población afectada por el trastorno por estrés posttraumático,

sin embargo es común observar en la práctica clínica otros problemas asociados al mismo.

Entre los trastornos más comunes asociados destacan:

#### ***1.4.4 Ataques de pánico***

Los individuos que han experimentado un trauma tienen posibilidades de experimentar ataques de pánico cuando son expuestos a situaciones relacionadas con el evento traumático.

Estos ataques incluyen sensaciones intensas de miedo y angustia acompañadas de síntomas como taquicardias, sudoración, náuseas, temblores etc.

#### ***1.4.5 Depresión***

Muchas personas sufren episodios depresivos posteriores, pérdida de interés, descenso de la autoestima e incluso en los casos de mayor gravedad ideaciones suicidas recurrentes.

Estudios recientes muestran, por ejemplo, que aproximadamente el 50% de las víctimas de violación muestran ideas recurrentes de suicidio.

#### ***1.4.6 Ira y agresividad***

Se tratan de reacciones comunes y hasta cierto punto lógicas, entre las víctimas de un trauma. Sin embargo cuando alcanzan límites

desproporcionados interfiere de forma significativa con la posibilidad de éxito terapéutico así como en el funcionamiento diario del sujeto.

#### **1.4.7 Abuso de drogas**

Es frecuente el recurso a drogas como el alcohol para tratar de huir/esconder el dolor asociado. En ocasiones esta estrategia de huida aleja al sujeto de recibir la ayuda adecuada y no hace más que prolongar la situación de sufrimiento.

#### **1.4.8 Conductas extremas de miedo / evitación**

La huida/evitación de todo aquello relacionado con la situación traumática es un signo común en la mayoría de los casos, no obstante, en ocasiones este intenso miedo y evitación se generaliza a otras situaciones, en principio no directamente asociadas con la situación traumática lo que interfiere de forma muy significativa con el funcionamiento diario del sujeto.

Estos y otros síntomas, en la mayoría de los casos, disminuyen de manera significativa durante el tratamiento, sin embargo en ocasiones y dada su gravedad pueden requerir intervenciones adicionales específicas.

#### **1.4.9 Criterios diagnósticos del trastorno por estrés postraumático**

En la práctica clínica los criterios diagnósticos más ampliamente utilizados como referencia para la evaluación del trastorno por estrés postraumático son los recogidos en el Manual Diagnóstico y Estadístico de los Trastornos

Mentales (DSM-IV) y en la Clasificación Internacional de las Enfermedades (CIE-10).

Los siguientes son criterios de calificación admitidos por el manual diagnóstico y estadístico de los trastornos mentales del DSM-IV

**A.** La persona ha estado expuesta a un acontecimiento traumático en el que han existido 1 y 2:

1. La persona ha experimentado, presenciado o le han explicado uno (o más) acontecimientos caracterizados por muertes o amenazas para su integridad física o la de los demás.
2. La persona ha respondido con un temor, una desesperanza o un horror intensos. Nota: En los niños estas respuestas pueden expresarse en comportamientos desestructurados o agitados.

**B.** El acontecimiento traumático es reexperimentado persistentemente a través de una (o más) de las siguientes formas:

1. Recuerdos del acontecimiento recurrentes e intrusos que provocan malestar y en los que se incluyen imágenes, pensamientos o percepciones. Nota: En los niños pequeños esto puede expresarse en juegos repetitivos donde aparecen temas o aspectos característicos del trauma.

2. Sueños de carácter recurrente sobre el acontecimiento, que producen malestar. Nota: En los niños puede haber sueños terroríficos de contenido irreconocible.
3. El individuo actúa o tiene la sensación de que el acontecimiento traumático está ocurriendo (se incluye la sensación de estar reviviendo la experiencia, ilusiones, alucinaciones y episodios disociativos de flashback, incluso los que aparecen al despertarse o al intoxicarse). Nota: Los niños pequeños pueden re-escenificar el acontecimiento traumático específico.
4. Malestar psicológico intenso al exponerse a estímulos internos o externos que simbolizan o recuerdan un aspecto del acontecimiento traumático.
5. Respuestas fisiológicas al exponerse a estímulos internos o externos que simbolizan o recuerdan un aspecto del acontecimiento traumático.

**C.** Evitación persistente de estímulos asociados al trauma y embotamiento de la reactividad general del individuo (ausente antes del trauma), tal y como indican tres (o más) de los siguientes síntomas:

1. Esfuerzos para evitar pensamientos, sentimientos o conversaciones sobre el suceso traumático.
2. Esfuerzos para evitar actividades, lugares o personas que motivan recuerdos del trauma.
3. Incapacidad para recordar un aspecto importante del trauma.

4. Reducción acusada del interés o la participación en actividades significativas.
5. Sensación de desapego o enajenación frente a los demás.
6. Restricción de la vida afectiva (p. ej., incapacidad para tener sentimientos de amor).
7. Sensación de un futuro desolador (p. ej., no espera obtener un empleo, casarse, formar una familia o, en definitiva, llevar una vida normal).

**D.** Síntomas persistentes de aumento de la activación (ausente antes del trauma), tal y como indican dos (o más) de los siguientes síntomas:

1. Dificultades para conciliar o mantener el sueño.
2. Irritabilidad o ataques de ira.
3. Dificultades para concentrarse.
4. Hipervigilancia.
5. Respuestas exageradas de sobresalto.

E. Estas alteraciones (síntomas de los Criterios B, C y D) se prolongan más de un mes.

Estas alteraciones provocan malestar clínico significativo o deterioro social, laboral o de otras áreas importantes de la actividad del individuo.

#### ***1.4.10 Criterios diagnósticos clasificación internacional de las enfermedades CIE-10***

Trastorno que surge como respuesta tardía o diferida a un acontecimiento estresante o a una situación (breve o duradera) de naturaleza excepcionalmente amenazante o catastrófica, que causarían por sí mismos malestar generalizado en casi todo el mundo (por ejemplo, catástrofes naturales o producidas por el hombre, combates, accidentes graves, el ser testigo de la muerte violenta de alguien, el ser víctima de tortura, terrorismo, de una violación o de otro crimen).

Ciertos rasgos de personalidad (por ejemplo, compulsivos o asténicos) o antecedentes de enfermedad neurótica, si están presentes, pueden ser factores predisponentes y hacer que descienda el umbral para la aparición del síndrome o para agravar su curso, pero estos factores no son necesarios ni suficientes para explicar la aparición del mismo.

Las características típicas del trastorno de estrés post-traumático son: episodios reiterados de volver a vivenciar el trauma en forma de reviviscencias o sueños que tienen lugar sobre un fondo persistente de una

sensación de "entumecimiento" y embotamiento emocional, de desapego de los demás, de falta de capacidad de respuesta al medio, de anhedonia y de evitación de actividades y situaciones evocadoras del trauma. Suelen temerse, e incluso evitarse, las situaciones que recuerdan o sugieren el trauma. En raras ocasiones pueden presentarse estallidos dramáticos y agudos de miedo, pánico o agresividad, desencadenados por estímulos que evocan un repentino recuerdo, una actualización del trauma o de la reacción original frente a él o ambos a la vez.

Por lo general, hay un estado de hiperactividad vegetativa con hipervigilancia, un incremento de la reacción de sobresalto e insomnio. Los síntomas se acompañan de ansiedad y de depresión y no son raras las ideaciones suicidas. El consumo excesivo de sustancias psicotrópicas o alcohol puede ser un factor agravante.

El comienzo sigue al trauma con un período de latencia cuya duración varía desde unas pocas semanas hasta meses (pero rara vez supera los seis meses).

El curso es fluctuante, pero se puede esperar la recuperación en la mayoría de los casos. En una pequeña proporción de los enfermos, el trastorno puede tener durante muchos años un curso crónico y evolución hacia una transformación persistente de la personalidad.

#### **1.4.11 Pautas para el diagnóstico**

Este trastorno no debe ser diagnosticado a menos que no esté totalmente claro que ha aparecido dentro de los seis meses posteriores a un hecho traumático de excepcional intensidad.

Un diagnóstico "probable" podría aún ser posible si el lapso entre el hecho y el comienzo de los síntomas es mayor de seis meses, con tal de que las manifestaciones clínicas sean típicas y no sea verosímil ningún otro diagnóstico alternativo (por ejemplo, trastorno de ansiedad, trastorno obsesivo-compulsivo o episodio depresivo).

Además del trauma, deben estar presentes evocaciones o representaciones del acontecimiento en forma de recuerdos o imágenes durante la vigilia o de ensueños reiterados.

También suelen estar presentes, pero no son esenciales para el diagnóstico, desapego emocional claro, con embotamiento afectivo y la evitación de estímulos que podrían reavivar el recuerdo del trauma. Los síntomas vegetativos, los trastornos del estado de ánimo y el comportamiento anormal contribuyen también al diagnóstico, pero no son de importancia capital para el mismo.

Para determinar este importante objetivo planteado en nuestro plan de estudio hemos tomado como base la Escala de Echeborúa para estrés postraumático para lo cual aplicamos una encuesta a 85 personas de

localidades aledañas al volcán y a personas alojadas en el albergue el mismo día de la última erupción (sábado 4 de diciembre 2010) cuyos resultados serán analizados más adelante.

## ***CAPITULO IV***

### ***MEDIDAS DE ATENCION PARA MITIGAR EL EFECTO DEL VOLCÁN***

#### ***TUNGURAHUA***

##### ***1. Albergues***

Un albergue de emergencia es una edificación en la que una comunidad vive temporalmente porque su vida, en su hogar, corre peligro, ya sea por amenazas naturales o humanas. El albergue se pone en funcionamiento cuando existe una emergencia que ha sido declarada como tal por el Presidente de la República y acogida por los Centros de Operaciones de Emergencia Nacional, provincial o cantonal. El albergue se convierte en una instalación apta para refugiar temporalmente a grupos afectados por emergencias o catástrofes. Y, de acuerdo a la gravedad de la catástrofe, se establecerán más o menos albergues y la duración de su funcionamiento será mayor o menor.

Los albergues en el Ecuador están a cargo del Ministerio de Inclusión Económica y Social (MIES), a nivel nacional a través de la Dirección de Planeamiento de Seguridad para el Desarrollo (DIPLASEDE), y a nivel local a través de las direcciones provinciales. Es parte de su responsabilidad estudiar, preparar y atender los albergues. Y es necesario que cuenten con

una planificación antes de la emergencia de acuerdo a las zonas de riesgo y seguridad.

El tamaño del albergue determina la cantidad de personas que puede acoger. Existen tres tamaños:

Albergue pequeño: 50 a 200 personas

Albergue mediano: 200 a 500 personas

Albergue grande: más de 500 personas

Como lo señala el Sistema Nacional de Defensa Civil, en una situación de emergencia se debe trabajar coordinadamente con todas las autoridades participantes del COE (Centro de Operaciones de Emergencia). Ellas prestan un apoyo fundamental en la emergencia y su trabajo debe ser coordinado con las autoridades y con la cooperación internacional. También colaboran instituciones dedicadas a la investigación científica como el Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica, CLIRSEN o INAMHI. Y también participan los individuos, la familia y la comunidad afectada.

El COE debe elaborar un plan de emergencias donde quede muy claro el cronograma y las funciones que cumplirán cada institución y la comunidad. Para un adecuado trabajo entre autoridades y comunidad es importante crear espacios donde la comunidad pueda informarse de la situación y de cómo se solucionarán los problemas. Estos espacios también sirven para la

capacitación, que es una tarea fundamental para proteger los derechos de los niños, niñas y adolescentes en situaciones de riesgo.

La elaboración del plan deberá reflejar las preocupaciones de la comunidad y tomará en cuenta sus puntos de vista, experiencia y aceptación a las soluciones propuestas. El plan también deberá estar diseñado para aprovechar las capacidades locales de cada comunidad. La participación de la comunidad es muy importante para conseguir que el plan y programas se hagan realidad. Y todavía es más importante que todos los grupos (principio de inclusión) estén representados. De esta manera, existe mayor igualdad, es más fácil recoger todas las preocupaciones, y como existirá la cooperación de los implicados en la emergencia las soluciones tendrán mayor acogida por la comunidad.

Antes de la emergencia es indispensable cumplir varias actividades en una etapa de planificación. Para ello, es necesario conocer algunos factores que se toman en cuenta en la apertura de un albergue:

- La cantidad de población que posiblemente sea afectada.
- Los albergues construidos para las emergencias y sus zonas.
- Los locales que pueden servir como albergue y sus zonas.

Con estos conocimientos se podrán tomar decisiones para acomodar mejor a las comunidades más cercanas en cada uno de los albergues.

Actualmente están disponibles seis albergues; tres en Tungurahua y tres en Chimborazo, por hallarse bajo influencia indirecta del proceso eruptivo.

Cada albergue tiene una capacidad de 160 personas en un área de 890 metros cuadrados divididos de la siguiente manera:

- Área de cocina y comedor 148 metros cuadrados.
- Cuatro módulos de dormitorio de 148 metros cuadrados cada uno, en total 542 metros.
- Tres módulos de baterías sanitarias, cada una de 50 metros cuadrados, en total 150 metro cuadrados.

En Tungurahua los albergues están localizados así:

- Albergue de Ambato en el sector Santa Rosa.
- Albergue Pelileo en Pelileo Grande
- Albergue Baños en San Vicente

En Chimborazo están ubicados en:

- Penipe
- Guano
- Riobamba

La planificación de la emergencia parte de una zona determinada. Esta zona deberá estar dividida entre la zona de riesgo (alto, mediano y bajo) y una zona de seguridad

.

En la zona de riesgo es donde existe el fenómeno que causa la emergencia.

Y la zona de seguridad sirve para apoyar, dirigir y planear las medidas para

la emergencia. Los albergues deben estar situados en la zona de seguridad. La comunidad ocupará el albergue que esté más cerca de sus viviendas. El albergue también contará con un espacio para que la comunidad pueda reunirse con autoridades y visitantes que ofrezcan su apoyo, y para que pueda realizar capacitaciones o planeaciones de temas de interés comunitario.

**Sección 1:** Evacuación de la población y Albergues de Emergencia. Ministerio de Inclusión Económica y Social: Con el apoyo del resto de las áreas, será el encargado de dar atención en todos los campos a las familias afectadas que se encuentren en los albergues de emergencia.

**Sección 2:** Salud. Ministerio de Salud Pública: Trasladará a los heridos y muertos a los hospitales y atenderá la salud a quien lo necesite.

**Sección 3:** Alimentación y agua. Ministerio de Agricultura, Ganadería, Acuacultura y Pesca: Dará alimentos y agua según la cantidad de personas que haya en los albergues.

**Sección 4:** Vías de evacuación y seguridad. Ministerio Transporte y Obras Públicas: Mantendrá e informará sobre las vías de evacuación (carreteras, caminos, etc.) y su buen estado.

**Sección 5:** Información. Defensa Civil: Informará de la situación a través de los medios de comunicación.

**Sección 6:** Recursos. Contraloría y SRI: Cuidará que los fondos destinados para la emergencia sean bien utilizados.

**Sección 7:** Orden y Seguridad. Policía Nacional: Protegerá y ayudará en las zonas afectadas y en los albergues de emergencia.

Los programas destinados a la erradicación de enfermedades deberán abordar dos situaciones distintas.

a) La fase inicial o de urgencia, en que las actividades deben concentrarse en la destrucción mediante procesos químicos de parásitos que infesten a las personas, sus ropas, ropas de camas y animales domésticos, así como de ropas donadas.

b) En el período siguiente a la fase inicial en que sin descuidar el control directo de la infestación por parásitos de los albergados, las actividades deben concentrarse preferentemente en el saneamiento general.

La falta de una normativa tendiente a proteger los sistemas de agua ante la ocurrencia de un fenómeno natural, los bajos presupuestos manejados para

su operación y mantenimiento y la poca preparación de quienes son los encargados de esta labor, hace que dichos sistemas sean vulnerables ante la ocurrencia de un evento natural, como las erupciones volcánicas, lo que genera un escenario conflictivo para la atención del desastre.

Los impactos de los fenómenos naturales sobre los sistemas de abastecimiento de agua y saneamiento suelen repetirse en similares condiciones y presentan características comunes que pueden ser agrupadas en patrones de daño. Estos daños dependen del componente afectado, la naturaleza de los fenómenos naturales y las vulnerabilidades de los sistemas. Tomando en cuenta estas características se pueden tomar medidas para reducir la vulnerabilidad y favorecer la sostenibilidad de los servicios de agua y saneamiento.

Las acciones en materia de Salud Ambiental estarán dirigidas fundamentalmente a prevenir y a mitigar el impacto que el deterioro de las condiciones ambientales inherente a estas situaciones pueda tener en la salud y seguridad de los habitantes de las zonas afectadas; especial relevancia tienen a este respecto la suspensión del suministro de agua potable ya sea por la contaminación de la fuente o redes de distribución, la interrupción de los demás servicios de saneamiento básico, la exposición a temperaturas o humedad extremas y la contaminación atmosférica. Las características particulares de tales acciones estarán determinadas por la evaluación previa que se realice para determinar la vulnerabilidad de los

sistemas y para estimar posibles daños en el caso de las acciones preventivas y por la magnitud del daño y los recursos materiales y humanos disponibles, siendo, en este último caso, éstas variables las que determinen el orden de prioridad en su ejecución.

Desde el punto de vista de salud ambiental deberán considerarse los siguientes aspectos, sin perjuicio de aquellos que a la luz del diagnóstico local sea necesario agregar:

Abastecimiento de agua potable

Evacuación y disposición de excretas

Recolección y disposición de basuras

Calidad del aire

Higiene de los alimentos

Condiciones sanitarias en albergues y campamentos

Manejo seguro sustancias químicas peligrosas

La interrupción del sistema de evacuación de excretas, sea por deterioro directo de las instalaciones domiciliarias, por daños de la red o por la falta de agua necesaria para el correcto funcionamiento de estas facilidades puede generar una situación de riesgo ambiental importante. La contaminación directa o indirecta de alimentos con materia fecal, la proliferación de moscas capaces de desarrollar un activo rol como vectores sanitarios y la contaminación del suelo y fuentes de agua están asociados al aumento en la

incidencia de enfermedades, especialmente infecciones y parasitosis intestinales que en casos de emergencias pueden adoptar características epidémicas.

En el caso de áreas densamente pobladas o en campamentos de emergencia en los que el uso de los sistemas normales de evacuación y/o disposición de excretas se presume estará interrumpido por varios días deberá considerarse la construcción de letrinas de emergencia tipo trincheras, separadas para hombres y mujeres. Para tales efectos se construye una zanja de 30 cm de ancho y una profundidad de 1.5 metros, dependiendo su longitud del número de usuarios contemplados, estimándose adecuado 3.5 metros de trincheras por cada 100 usuarios. El material extraído durante la construcción de la trincheras se acopiará a un costado debiéndose dejar las palas en el sitio. Los usuarios deberán ser instruidos en el sentido de cubrir las heces con tierra cada vez que usen la letrina. Dos veces al día, el personal encargado de vigilar el saneamiento del área verificará el cubrimiento adecuado, única medida eficaz en el control de olores y moscas. El aislamiento visual de las trincheras puede lograrse con cercos de arbustos, cortinas de lona, cercos de madera o planchas metálicas. Este tipo de letrina de trincheras es una solución de emergencia para ser utilizado durante un período relativamente corto, no mayor de 8 días. Cuando la trincheras se ha llenado hasta 30 cm por debajo del nivel natural del terreno, debe cubrirse con tierra apisonada, pudiéndose construir

una nueva trinchera en caso necesario. La construcción de trincheras podrá ser encomendada a la población previa instrucción al respecto.

Las trincheras deberán estar debidamente señalizadas y la población usuaria debe ser instruida respecto de su correcta utilización. Deberán estar dispuestas de modo tal de evitar el acceso involuntario o descuidado de personas y su utilización por parte de los niños deberá hacerse siempre bajo la supervisión de un adulto. La letrina de pozo es otra alternativa útil y rápida cuando se disponga de máquinas para la excavación de pozos y el subsuelo no sea rocoso. Consiste en un pozo de 6 metros de profundidad y alrededor de 50 cm de diámetro sobre el cual se instala una plataforma de madera o concreto horadada, con manillas de sujeción para acucillarse o con asiento cuando ello sea posible. El número de pozos se determinará sobre la base de 1 pozo por cada 20 personas.

Al igual que en el caso de las trincheras, el uso de las letrinas de pozo por parte de los niños debe hacerse bajo la supervisión de un adulto. La letrina de pozo resulta una solución adecuada cuando el terreno es fácil de excavar, pudiéndose habilitar una letrina por cada familia o grupo de familias albergado en carpas o viviendas de emergencias.

Las letrinas de uso comunitario, si bien necesarias en situaciones de emergencias, son de difícil mantención en condiciones de limpieza aceptables, debiéndose establecer normas precisas para su buen uso, sobre

las cuales se educará a los usuarios para su cumplimiento. Es necesario mantener estrecha vigilancia y limpieza sobre estas unidades, siendo conveniente proveer de agua de fácil acceso para facilitar su limpieza.

Toda letrina estará ubicada a más de 30 metros de toda fuente de agua y su fondo estará al menos a 1.5 metros por encima del nivel de la napa freática cuando existan pozos de extracción de aguas subterráneas en el sector.

Deberán adoptarse todas las medidas necesarias para mantener un servicio regular de recolección, transporte y disposición final de basuras ya que se ha establecido una clara relación entre la eliminación inadecuada de residuos sólidos y la incidencia de enfermedades transmitidas por vectores sanitarios. Deberá reponerse tan pronto sea posible la recolección regular de basuras en sectores afectados, pudiendo usarse para tales efectos cualquier tipo de camión en tanto se supera la emergencia. En todo caso, el uso de camiones compactadores aumentará la eficiencia de la recolección y mejorará sus condiciones sanitarias. El cálculo del número de vehículos necesarios se puede realizar sobre la base de estimar que un vehículo recolector de 10 metros cúbicos es capaz de servir una población de 5.000 a 7.000 habitantes, según el vehículo sea o no compactador, suponiendo una frecuencia de recolección de 2 veces por semana y un promedio de 3 viajes diarios al vertedero por camión.

El deterioro de las condiciones de saneamiento asociado al daño material directo de los desastres naturales aumenta la peligrosidad de roedores e insectos debido a la mayor accesibilidad por parte de los vectores sanitarios hacia la población. La habilitación de refugios y campamentos, frecuentemente con medios limitados para el aseo y limpieza personal, unidos a cierto grado de hacinamiento, crea también condiciones favorables para la transmisión de enfermedades infecciosas y parasitarias. El control de enfermedades transmitidas por vectores es uno de los objetivos primordiales de las medidas de saneamiento adoptadas en una situación de emergencia, tales medidas deberán ser complementadas por la adopción de otras medidas sanitarias tendientes a evitar la transmisión de infecciones o parásitos.

Las moscas domésticas, cucarachas, piojos, ácaros y roedores están asociados a enfermedades e infecciones comunes en situaciones propias a las generadas en albergues y campamentos. Los programas de lucha antivectorial deberán abordar dos situaciones distintas.

a) La fase inicial o de urgencia, en que las actividades deben concentrarse en la destrucción mediante procesos químicos de parásitos que infesten a las personas, sus ropas, ropas de camas y animales domésticos, así como de ropas donadas.

b) El período siguiente a la fase inicial en que sin descuidar el control directo de la infestación por parásitos de los albergados, las actividades deben concentrarse preferentemente en el saneamiento general, la higiene adecuada de los alimentos, la eliminación correcta de los desechos y la limpieza general y personal.

El reconocimiento sanitario de campamentos y albergues y sus áreas cercanas permitirá identificar posibles focos de insalubridad tales como basurales, acumulación de estiércol en corrales y establos entre otros, cuya eliminación a través de medidas sanitarias ambientales apropiadas reducirá considerablemente el riesgo de proliferación de plagas. El uso de pesticidas en tales ocasiones es con frecuencia ineficaz.

## ***2. Aspectos de Interés Sanitario en una Erupción Volcánica***

Los eventos volcánicos pueden amenazar seriamente la salud de las poblaciones, provocando trastornos considerables en el ambiente, pudiendo incluso llegar a afectar localmente las condiciones climáticas normales, asimismo la calidad de elementos vitales tales como el agua, el aire y el suelo, y afectando los sistemas productivos agropecuarios. Los impactos ambientales también pueden afectar a los servicios públicos y perturban el desenvolvimiento eficaz de los servicios de salud. Por esto, la preservación

de la Salud Pública en el aspecto ambiental es uno de los retos más importantes del sector salud en situaciones de desastre volcánico.

### ***3. Impacto en la calidad del agua***

Se debe velar en todo momento por un adecuado abastecimiento de agua potable o agua segura a la población. Para ello se debe considerar:

- Contar con información del número y localización de las fuentes de agua potable en el sector (servicios sanitarios, sistemas de agua potable rural y rural disperso). Asimismo se debe privilegiar contar con información actualizada del estado de dichos abastecimientos.
- Realizar análisis físico – químico y microbiológico de la calidad del agua en los abastecimientos de agua potable del área afectada. Debido a los elementos presentes en los gases y cenizas producto de una erupción volcánica, se debe prestar especial atención a los resultados obtenidos para los parámetros Fluor; Sulfatos; Fierro; Cloruros y pH. La frecuencia de muestreo dependerá de la probabilidad de contacto entre las aguas de captación con cenizas y/o aguas contaminadas.
- En caso que el Comité de Emergencia (COE) tenga a la luz antecedentes sobre la presencia otros nuevos elementos de potencial riesgo en las cenizas, se debe evaluar la pertinencia de incorporar

dichos elementos como parámetros adicionales en el análisis de la calidad del agua potable.

- Asegurar que todas las fuentes de agua potable se encuentren debidamente protegidas, principalmente aquellas constituidas con estanques de almacenamiento de agua a la intemperie, dichos estanques se deben encontrar cubiertos para evitar el ingreso de materiales suspendidos en el aire.

Sin perjuicio lo anterior, cabe señalar que la contaminación de fuentes de agua pueden también producirse por infiltración de aguas superficiales o de precipitación que haya solubilizado compuestos presentes en los gases y cenizas caso de modificarse las condiciones actuales de la erupción o las condiciones del clima, como por ejemplo dirección de los vientos, es necesario tener presente las siguientes acciones:

#### ***4. Alteración de la calidad del aire***

En el caso que las zonas pobladas se vieran impactadas directa o indirectamente por los humos y cenizas emitidas por el volcán, se sugiere la realización de la cuantificación de las concentraciones de material particulado en la fracción MP-10 y MP-2.5, y sumado a lo anterior, un análisis químico de dicho material particulado. Todo lo anterior, orientado a conocer los riesgos asociados al hecho de respirar el material particulado en las concentraciones y con las características químicas que presenta la

erupción volcánica dado, que la composición mineral varía entre volcanes y aún entre erupciones de un mismo volcán.

Para la realización del análisis de calidad de aguas y material particulado, se debe recurrir a un laboratorio acreditado para realizar los análisis requeridos. Adicionalmente a lo anterior, cabe señalar, que los efectos de una erupción volcánica pueden estar también condicionados por la época del año en que ésta se produzca. A modo de ejemplo, si la ocurrencia de un evento de esta naturaleza se manifiesta en época invernal y se produce escurrimiento superficial de lava se debe considerar la posibilidad de derretimiento brusco y masivo de masas de nieve, con el consiguiente riesgo de lahares, además de la posibilidad de contaminación directa de masas y cursos de agua, por otro lado, la ceniza precipitada, tenderá acumularse durante periodos de precipitación de lluvia o alta humedad.

Se debe prestar especial atención a la elaboración y puesta en marcha de un Plan de Limpieza de la ceniza precipitada, dicho Plan, desde el punto de vista de Salud Pública, debe establecer el alcance territorial dando prioridad a las zonas pobladas, las medidas de seguridad para los trabajadores, las medidas de recolección y transporte evitando en todo momento la dispersión de la ceniza y las condiciones de confinamiento seguro.

## **5. Seguridad alimentaria**

Se deben tomar en cuenta algunas etapas para asegurar un programa efectivo de ayuda alimentaria:

- Estimar los alimentos disponibles,
- Calcular las necesidades alimentarias de la población afectada,
- Determinar las raciones alimentarias de acuerdo a las características de la población y duración estimada de los efectos del desastre sobre la misma.

Existen algunas prioridades en un programa de ayuda alimentaria en desastres:

- Proporcionar inmediatamente alimentos donde hay necesidad urgente o parece haberla, tal como poblaciones aisladas, instituciones, hospitales, campos de refugiados, socorristas y personal de ayuda.
- Hacer un estimado inicial de las necesidades de alimentos de la población afectada, teniendo en cuenta las características demográficas de la misma.
- Identificar fuentes de alimentos, (depósitos de alimentos en otras partes del país, organizaciones de ayuda alimentaria, etc.), transporte, almacenamiento y distribución.
- Asegurar la inocuidad e idoneidad de los alimentos localmente disponibles y de los que se reciban.

- Monitorear estrechamente la situación alimentaria y nutricional, de forma que la procuración y racionamiento de los alimentos puedan ser modificados según cambien las condiciones.

## **Metodología**

Planteamos el estudio en una de las poblaciones más afectadas por la erupción del volcán Tungurahua como es Penipe debido a que durante los diez últimos años se han presentado evacuaciones frecuentes a albergues a consecuencia de la eliminación de ceniza volcánica, lo cual repercute en la salud física, psicológica y social de estos individuos.

Es un estudio observacional, ecológico de series temporales; realizado a partir de la información obtenida de historias clínicas, en el que comparamos las variaciones temporales de los niveles de exposición de ceniza con series de tiempo que reflejan los cambios en la frecuencia de enfermedades oftalmológicas, dérmicas y respiratorias en la población de Penipe.

Se incluyen los registros de las atenciones brindadas en el subcentro de salud de Penipe así como los concentrados mensuales enviados a la dirección provincial de salud de Chimborazo desde Enero de 2002 hasta diciembre de 2010.

El registro de la información se realizó acudiendo a la población de Penipe y a las áreas designadas de la dirección provincial de salud de Chimborazo para la recepción de la información referente a casos reportados de morbilidad asociada al proceso eruptivo del volcán Tungurahua, previa autorización de las jurisdicciones competentes.

Los factores de inclusión son enfermedades respiratorias, diarreicas, oftalmológicas y dérmicas presentadas durante los años de estudio; y se

excluyen otras patologías que no están asociadas directamente con la ceniza volcánica como enfermedades de transmisión sexual y vaginosis.

El método de análisis empleado es observacional y comparativo, relacionando los datos del Instituto Geográfico Militar concerniente con la expulsión de ceniza volcánica y los datos de morbilidad de la población descrita.

Para el análisis del estrés postraumático se aplicó una encuesta estandarizada que permite medir la exposición tanto en forma individual así como familiar y comunitaria.

La valoración del estrés individual tiene matices según edad y otras características. Utilizamos la tabla de 23 preguntas basada en la escala de Hamilton, que valora la presencia de una serie de factores estresantes en un periodo de tiempo determinado. Se suman los puntos en cada una de las preguntas y puede encasillarse según su riesgo de padecer estrés en leve, menor de 30 puntos; moderado, entre 30 y 59 puntos; y severo 60 o más puntos.

## **Resultados**

1.- Los efectos más evidentes del proceso eruptivo del volcán Tungurahua fueron la emisión de ceniza y de gases volcánicos, que se presentaron en forma variable según la cantidad, el alcance y la dimensión de su impacto. En cuanto al proceso eruptivo como tal, encontramos que se trata de un fenómeno muy variable, con temporadas de calma absoluta y otros episodios de intensa actividad que obliga a las autoridades y a la población a tomar medidas precautelares. Durante los tres primeros años de nuestro análisis (2003, 2004 y 2005) las columnas de ceniza no superaron los 3,5 Km de altura, en los años 2006 y 2008 se registraron los eventos de mayor actividad con emisión de columnas de ceniza que superaron los 5,5 Km de altura; para el 2009 el volcán tuvo el período de mayor tranquilidad de todo el proceso, pero presentó nuevamente actividad estromboliana en diciembre de 2010.

2.- Las enfermedades respiratorias se mantienen siempre con cifras superiores a 100 casos por año siendo la patología de mayor prevalencia del estudio. Sin embargo, el número de casos presentados no guardan relación con los períodos de mayor actividad volcánica; de hecho el más alto registro de casos de enfermedades respiratorias fue de 1530 y se presentó en el año 2009 que es precisamente el año de menor actividad volcánica reconocido durante todo el período eruptivo. Una de las causas de esta controversia puede estar relacionada con la migración poblacional a otras provincias que

en vista de la relativa calma del volcán decidieron regresar a Penipe. Por el contrario durante el año de mayor actividad volcánica en el 2006 tan solo se registraron 108 casos de enfermedades respiratorias.

3.- Las enfermedades diarreicas tienen una curva de presentación diferente; los casos no superan a 100 por año excepto en el 2005 que se registraron 249 de ellos y durante ese año la actividad volcánica disminuyó en relación a los años anteriores; sin embargo en los años siguientes el número total de casos por problemas diarreicos se mantuvo constante a pesar de las variantes en la actividad del Tungurahua.

La habilitación de refugios y campamentos frecuentemente con medios limitados para el aseo y limpieza personal unidos a cierto grado de hacinamiento, crea también condiciones favorables para la transmisión de enfermedades infecciosas y parasitarias; sin embargo en el 2005 la población abandona los refugios para volver a sus hogares y es el año de mayor número de casos de enfermedades diarreicas registrado.

4.- Las enfermedades dermatológicas tienen un comportamiento similar al de las enfermedades respiratorias, con menor cantidad de casos reportados que las primeras, pero con el mismo incremento en los años de mayor tranquilidad volcánica, tanto en 2005 como en 2009, en ambos casos las columnas de ceniza no superaron los 2,5 Km de altura.

5.- En cuanto a las enfermedades oftalmológicas, son escasas en casi todo el período de estudio no superan a 10 por año excepto en tres ocasiones en el 2003 que se atendieron 31 casos, en el 2006 con 23 casos y en el 2009 que se reportaron 47 atenciones de enfermedades oftalmológicas, en realidad estos casos no guardan relación con eventos de mayor o menor actividad volcánica ni con movimientos migratorios de la población, pero puede haber un subregistro de enfermedades o el acostumbramiento de los pobladores a la convivencia con el volcán que minimiza este tipo de problemas.

6.- Los episodios eruptivos del volcán Tungurahua modificaron el mapa epidemiológico de las zonas afectadas ya sea por efecto de los desplazamientos humanos o por el impacto directo de la ceniza volcánica; es así que en el 2009 se reporta mayor número de casos en la enfermedades analizadas (respiratorias, dérmicas, oftalmológicas) a pesar de que en este año no se presentaron procesos eruptivos considerables.

7.- El período eruptivo casi constante del volcán Tungurahua ha provocado cierto grado de adaptación en los pobladores de Penipe los cuales no muestra signos de estrés postraumático agudo ni crónico. Se encontraron cuatro casos aislados de ansiedad en pobladores que estaban siendo evacuados el día de la erupción (4Dic-2010).

8.-La respuesta de los diferentes organismos a cargo del manejo de la situación de emergencia y de los albergues ha resultado satisfactoria a nivel de la comunidad, sin embargo es importante crear espacios en donde la población pueda informarse de la situación y de cómo se solucionarán los problemas subsiguientes.

### ***Resultados de encuestas***

Adicionalmente se realizaron encuestas a 86 personas, desde los 10 años hasta más de 80, con el objeto de analizar los problemas psicológicos ocasionados en las personas frente a un hecho o fenómeno traumático, especialmente las erupciones volcánicas.

1.- El mayor porcentaje de población encuestada corresponde a las edades de 10 a 20 años, correspondiente al 19.8%, seguido del grupo de 31 a 40 años que abarca el 18.6%, y en tercer lugar el grupo de 41 a 50 años, con el 12.8%. A continuación están los grupos con menor representación: el grupo de 51 a 60 años con un 11.6%; de 61 a 70 años alcanza el 10.5%, los grupos de 21 a 30 años y de 71 a 80 años, representa el 9.35 respectivamente cada uno. Finalmente, el grupo de menor representación es el conformado por personas mayores de 80 años, cuya representación es del 8.1%.

De este grupo, se observa que el 45% ha sufrido sucesos traumáticos referentes a la erupción volcánica, de los cuales el 26% oscilan en las edades de 31 a 40 años, y el 15% están entre 21 a 30 años.

2.- Este suceso, de acuerdo al 35% de respuestas, ocurrió hace unos 9 o 10 años, siendo las personas entre 31 y 50 años las que recuerdan más este suceso.

3.- Cuando se pregunta “desde cuando experimenta el malestar”, se obtienen los siguientes resultados: de las personas que tienen miedo a la sudoración, el 33% está en la edad de 61 a 70 años y experimenta este malestar desde hace unos 5 meses; el mismo porcentaje abarcan las personas comprendidas entre 10 a 20 años y 31 a 40 años. Las personas entre las edades de 10 a 20 años sienten este malestar desde hace diez años, y el grupo de 31 a 40 años, desde hace dos años.

4.- El 84% de la población no tiene ningún tipo de recuerdos desagradables respecto a cualquier suceso desagradable ocurrido, frente al 1% que tiene muchos recuerdos, esto corresponde a las edades entre 51 a 60 años.

5.- Respecto a la pregunta de los sueños desagradables repetitivos sobre el suceso, el 98% de la población no lo tiene.

6.- Cuando se pregunta si “realiza conductas que parece si ocurriera de nuevo”, el 92% contesta que no; el 5% que una vez por semana; el 2% de dos a cuatro veces por semana y solo el 1% cinco o más veces por semana, siendo las más recurrentes quienes han padecido en la erupción volcánica.

7.- En la pregunta “sufre malestar psicológico que recuerdan el proceso”, el 98% de la población no tiene ningún malestar psicológico, y solo el 2% tiene algún recuerdo desagradable, referente a los procesos de erupción volcánica, siendo los pobladores comprendidos entre 31 a 50 años.

8.- Acerca de que si experimenta reactividad fisiológica del suceso, el 93% de la población contesta negativamente; el 5% experimenta pocas veces siendo el mayor componente los casos asociados con la erupción volcánica, y el 1% experimenta este fenómeno cinco o más veces por semana y está asociado directamente al miedo a las palpitaciones.

9.- La puntuación de los síntomas de re experimentación es de 7 a 9 solo para el 1% de los pobladores comprendidos entre 51 a 60 años, con miedo a palpitaciones, y de “0” para el 83% de la población.

10.- El 97% de la población se encuentra tranquilo, pues no tiene que realizar ningún esfuerzo para ahuyentar pensamientos; el 2% de la población tiene que hacerlo varias veces a la semana y está asociado directamente con los procesos de erupción volcánica, y el miedo a las palpitaciones; y solo

el 1% ahuyenta pensamientos una vez por semana, igualmente asociados a la erupción volcánica, y comprende los habitantes entre 10 a 20 años.

11.- El 95% de los encuestados no necesitan evitar actividades o personas referentes al suceso traumático, y el 4% necesitan hacerlo una o más veces a la semana, asociados directamente con sucesos traumáticos como las erupciones volcánicas, miedo a la sudoración y miedo a las palpitaciones.

12.- En la pregunta referente a la incapacidad de recordar algo importante del suceso, el 98% responde “nada”, especialmente los casos asociados con la erupción volcánica, el 1% dos o cuatro veces por semana, y el 1% restante, varias veces a la semana. La consulta acerca de que si observa disminución marcada de interés participativo, el 99% afirma “nada”.

13.- El 100% de la población no experimenta sensación de extrañeza de ningún tipo.

14.- Referente a las limitaciones de la capacidad afectiva, el 98% no tiene problemas, y el 2% que se siente limitado, son personas que tienen problemas de sudoración.

15.- En la pregunta que se refiere a que si los planes del futuro han cambiado negativamente, el 95% afirma que no han ningún cambio negativo; y las personas que tienen miedo a las palpitaciones comprendidas entre 51 y

60 años, creen que si hay cambios negativos en los planes del futuro, siendo tan solo el 1% de los encuestados.

16.- En lo que se refiere a la puntuación de síntomas de evitación, el 93% califica con una puntuación de "0", el 5% de "1 a 3", y el 1% califica entre los grupos de "4 a 6" y de "10 a 12", respectivamente.

17.- El 91% de los encuestados no se sienten con dificultad de dormir o mantenerse dormidos; el 8% tiene pocos problemas con este tema; y el 1% experimenta este problema varias veces a la semana (bastante), asociados directamente con personas que han sufrido procesos traumáticos con las erupciones volcánicas.

18.- En la interrogación "está irritable o tiene explosiones de ira", el 92% afirma que no; el 4% una vez por semana o poco; y el 3% restante distribuido entre: "2 o 4 v veces por semana", "5 o más veces por semana", y "no contesta".

19.- Después de los sucesos traumáticos experimentados, el 94% de la población no se encuentra en estado de "alerta", el 3% una vez por semana y el 2% dos o cuatro veces por semana, asociados directamente con el fenómeno de la erupción volcánica.

20.- El 91% de los pobladores no se alarma fácilmente luego del suceso traumático sufrido, el 6% lo hace pocas veces, especialmente las personas que han sufrido los procesos de erupción volcánica.

21.- Cuando se habla de síntomas de activación, el 88% califica de "0", el 4% califica de "4 a 6", y el 6% restante se distribuye equitativamente entre "1 a 3" y "7 a 9".

22.- Referente a la puntuación total de la gravedad de TEPT, el 83% califica "0", el 7% de "7 a 9", el 5% de "1 a 3", el 4% distribuido igualitariamente entre "4 a 6" y "10 a 12"; y el 1% restante que califica de "19 a 21".

23.- El 92% de los encuestados, no tiene problemas de dolores de cabeza, el 5% una vez por semana o poco, el 1% de dos a cuatro veces por semana y el 1% restante más de cinco veces por semana. Esto no está asociado a sucesos traumáticos, pues el 43% de las personas con dolores de cabeza, no han sufrido ningún proceso traumático.

24.- Las palpitaciones o ritmo cardiaco acelerado no afectan a un 95% de la población, el 2% sufre este problema una vez por semana, y el 1% de dos a cuatro veces por semana. No está asociado directamente con procesos traumáticos, porque el 1% de la población tiene este problema, sin haber pasado ningún problema o suceso antes mencionado.

25.- En la interrogante acerca del dolor o malestar del pecho, el 98% de la población no padece este problema, el 1% de dos a cuatro veces por semana y el restante 15 más de cinco veces por semana. Es importante resaltar que las personas con este tipo de problemas de salud no han sufrido ningún proceso o fenómeno traumático.

26.- El problema de la sudoración no afecta al 95% de la población, solo el 2% se siente afectado, asociado el 50% a miedo a las palpitaciones, y existe un 2% que no contesta ante esta interrogante.

27.- Los mareos, sensación de inestabilidad o desmayo, no afectan al 97% de la población, el 1% se siente afectado una vez por semana, sin antecedentes traumáticos, y el 1% restante, de dos a cuatro veces por semana, que presentan miedo a la sudoración.

28.- El 99% no tiene problemas de náuseas o malestar abdominal, y solo el 1% presenta este problema, también, sin antecedentes traumáticos.

29.- Ninguna persona presenta sensación de extrañeza respecto de sí mismo o de la realidad.

30.- El 97% de las personas no presenta problemas de entumecimiento o sensación de cosquilleo. El 2% una vez por semana o menos, y el 1% de dos a cuatro veces.

31.- El 97% de la población no tiene problemas de temblores o estremecimientos, el 1% de una vez por semana o menos sin antecedentes traumáticos, y el 1% restante, de dos a cuatro veces por semana, siendo personas que tienen miedo a las palpitaciones.

32.- El miedo a morir es una sensación que no afecta al 95% de la población, solo el 4% se siente afectado, siendo la mitad de ellos personas que no han tenido procesos traumáticos y la otra mitad personas con miedo a palpitaciones y que han sufridos los fenómenos de erupciones volcánicas.

33.- Respecto al miedo a volverse loco, nadie de la población posee este sentimiento.

34.- La puntuación específica de las manifestaciones de ansiedad, es "0" para el 88% de la población; "1 a 3" para el 5%, "4 a 6" para el 5% restante, y de "7 a 12" para el 2% final.

35.- Finalmente, en la pregunta Requiere presencia de síntoma en aparato de re experimentación, el 99% de las personas, opinan que NO, frente al 1% que opina lo contrario: SI, que son personas comprendidas entre 51 a 60 años.

## ***Discusión***

El abordar un tema de tanta trascendencia como es “el impacto provocado por la erupción del volcán Tungurahua en los pobladores de Penipe”, crea una nueva dimensión en salud, ya que los problemas son múltiples y de características no usuales.

Durante los primeros años del fenómeno eruptivo, no se definieron apropiadamente las estrategias de evacuación de las poblaciones afectadas por el volcán; con el transcurso del tiempo se disponen de mejores sistemas de alerta, evacuación y preparación de albergues con la implementación de organismos de control tanto del gobierno central como de las administraciones sectoriales que antes no existían.

Con nuestro trabajo llegamos a establecer importantes aspectos que afectan directamente a la población de Penipe, de los cuales aunque no es motivo de nuestro estudio pero está totalmente involucrado y para la pobladores probablemente sea el de mayor importancia, es el aspecto económico, que desde el inicio del proceso eruptivo en 1999 se ha convertido en un círculo vicioso de afectación , ya que como pudimos revisar en páginas anteriores los pobladores de Penipe invierten en cultivos y en la crianza de animales domésticos, mismos que con cada período eruptivo se ven afectados y alrededor de 51000 hectáreas actualmente están perdidas y con la caída de

ceniza animales como ganado vacuno, caballar y porcino también mueren al no tener pasto para su alimentación.

La ceniza caída a lo largo de todo el proceso eruptivo cubre los campos que antes fueron muy productivos encontrándose terrenos y casas abandonadas. Actualmente organismos gubernamentales y seccionales preocupados por el revés económico casi constante de la población ha implementado estrategias de cuidado y proporciona a la población alimentación para sus animales, sin embargo las pérdidas económicas serán persistentes mientras la mama Tungurahua permanezca en actividad y haya gente viviendo a su alrededor.

En lo que se refiere a las enfermedades analizadas (respiratorias, oftalmológicas, diarreicas, dermatológicas) no existe una relación directa con la erupción volcánica pero sí con el movimiento migratorio de la población en respuesta a este fenómeno.

Por otra parte en la población afectada por enfermedad diarreica aguda tampoco se encontró relación directa con la caída de ceniza sino más bien los casos guardan relación directa con el hacinamiento en los albergues.

De acuerdo con los datos proporcionados por la Organización Mundial de la Salud, los principales componentes a considerar en una erupción volcánica capaces de ocasionar un riesgo de Salud Pública corresponden a la precipitación de cenizas, la emanación de gases a la atmosfera y el escurrimiento de fluidos volcánicos; afortunadamente durante estos diez años del fenómeno eruptivo del Tungurahua no se han presentado daños en proporciones de gran alcance, lo que nos hace pensar que tiene relación

directa con la calidad de ceniza y vapores emanados por el volcán su composición es diferente al de otras erupciones y su proporción no alcanza niveles de afectación en salud.

Una nube volcánica que contenga ceniza y gases viaja en dirección del viento llevando muy lejos las partículas más finas y liviana. Los gases y otros materiales volátiles pueden ser adsorbidos en las partículas de ceniza y al ser muchos de ellos altamente solubles serán disueltos por la lluvia, en los cursos o cuerpos de agua y en los cultivos, convirtiéndose este en el mayor problema para la población.

En los procesos eruptivos de los volcanes Pichincha y Tungurahua, que por una extraña coincidencia iniciaron su actividad a mediados del año 1999, se deben considerar condiciones químicas, epidemiológicas y clínicas que han permitido dimensionar la forma en la ceniza volcánica puede convertirse en un agente de contaminación química del ambiente; el análisis comparativo de la composición química de la ceniza de los dos volcanes y su influencia sobre la calidad de aire de la ciudad de Quito y de sus zonas aledañas, así como el impacto en lo económico, social y humano que los masivos desplazamientos poblacionales han inferido sobre las localidades afectadas, permiten avizorar el daño que la ceniza volcánica puede causar en la comunidad.

En cuanto a las características cuali-cuantitativas de la ceniza volcánica, debemos exponer que muestras de andesita cálcica-alkalina estudiadas tanto del volcán Guagua Pichincha cuanto del Tungurahua arrojaron características diferentes, es así que la diferencia es también marcada en lo

que respecta al óxido de titanio, dióxido de azufre que duplican la concentración en su relación con el Guagua Pichincha.

Desde el punto e vista de salud , interesan las concentraciones de óxido de silicio (SiO<sub>2</sub>) dada su vinculación

Con la fibrosis pulmonar los diferentes datos de la composición química de ceniza volcánica del Tungurahua arrojan valores bajos en relación al rango de normalidad. Igual sucede con el volcán Guagua Pichincha que, aunque las cifras promedio registras son discretamente mayores, éstas se mantienen dentro del rango de la normalidad, lo que hace prever que de mantener estas cifras, el riesgo a largo plazo de fibrosis pulmonar en la población expuesta es mínimo.

Pero si llama la atención el relativo incremento de dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) sobre todo en las muestras del volcán Tungurahua que prácticamente duplican, los valores registrados en el Guagua Pichincha , sobre todo por su riesgo carcinogénico

En cuanto a las emisiones de dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>),sin embargo de que se reportaron cifras que cuadruplicaron el rango de normalidad, el impacto sobre piel y mucosas fue discreto, no se han registrado casos cuya gravedad ameriten referencia, probablemente se deba a que los períodos eruptivos son cortos al igual que el tiempo de exposición.

En lo que respecta a estrés postraumático, aplicamos encuestas a 80 personas, algunas de ellas en el momento mismo de la última evacuación al albergue “LA PAZ” , pudimos percibir como estas personas mostraban tranquilidad absoluta y que no presentaron criterios de estrés postraumático; esto debido a su grado de adaptación durante diez años de permanente actividad del volcán y además por su fuerte creencia religiosa en la Virgen de Agua Santa y su convicción de protección absoluta.

Cuando se presenta moderada o abundante caída de ceniza en partículas finas, se pueden exacerbar los síntomas en individuos que sufren de asma bronquial u otras afecciones respiratorias crónicas, tanto en niños como en adultos, sin embargo no se han reportado casos de asma en los pobladores de Penipe.

La muerte es un evento altamente improbable, aunque podría ocurrir en personas con padecimientos graves si no se protegen del polvo. Individuos sanos pueden sufrir de irritación en las vías respiratorias superiores. Las partículas de ceniza son abrasivas y pueden también causar lesiones en la córnea.

## RECOMENDACIONES

En las ciudades potencialmente expuestas a la caída de ceniza, la población debe limitar su estancia fuera de edificios durante el evento y evitar la diseminación del polvo volcánico causada por el tráfico, para limitar molestias y daños. Se deben almacenar mascarillas ligeras y protectores oculares para los trabajadores encargados de limpiar las calles de cenizas, para las cuadrillas de emergencia, policías y otro personal, que tendría que laborar en espacios abiertos durante la lluvia de ceniza.

No se elaboran ni se distribuyen mascarillas apropiadas para niños pequeños. Las mascarillas recomendadas para uso general en este caso son del tipo Class FFP 1S o FFP 2S (3M o Respair). Estas son las sugeridas a nivel internacional, pero se debe consultar el mercado local para adaptarse a las existentes.

No es posible afirmar que la ceniza volcánica tenga un efecto irreversible sobre piel y mucosas, salvo en casos de prolongada y masiva exposición a ceniza volcánica y sobre todo a dióxido de azufre (SO<sub>2</sub>).

El control de enfermedades transmitidas por vectores es uno de los objetivos primordiales de las medidas de saneamiento adoptadas en una situación de emergencia, tales disposiciones deberán ser complementadas con información de las medidas sanitarias tendientes a evitar la transmisión de infecciones o parásitos.

El plan de contingencia elaborado y aplicado debe reflejar las preocupaciones de la comunidad y tomar en cuenta sus puntos de vista, experiencia y aceptación de las soluciones propuestas. Además es importante que el plan esté diseñado para aprovechar las capacidades locales de la comunidad.

Puede esperarse una mayor magnitud de daños causados por desastres naturales de cualquier categoría en los próximos años, pero no por aumento en la incidencia de estos fenómenos, si no más bien por acentuación exponencial en la vulnerabilidad de la población y la afectación económica que esto implica.

El estar junto a la gente el día mismo de la erupción, nos ha creado una concepción diferente en lo que respecta a la Emergencia. Los principios básicos de un médico emergenciólogo los hemos aprendido en las aulas de clase, pero la solidaridad y las verdaderas necesidades de la gente las aprendimos en la comunidad.

## **Glosario**

*Amenaza:* es un fenómeno, ya sea natural o antrópico, que puede poner en riesgo bienes, servicios y personas.

*Vulnerabilidad:* es la debilidad o incapacidad de resistencia de una población para enfrentar una amenaza.

*Riesgo:* es la probabilidad de que ocurra un desastre en función de la amenaza y la vulnerabilidad.

*Desastre:* son alteraciones intensas en las personas, bienes, servicios y medio ambiente, causadas por un suceso natural o generado por la actividad humana, que exceden la capacidad de respuesta de la comunidad afectada.

*Mitigación:* son todas las acciones y medidas dirigidas a reducir el riesgo.

*Preparación:* conjunto de medidas y acciones que se realizan para reducir las pérdidas humanas, bienes y materiales.

*Alerta:* situación de vigilancia o atención con el fin de tomar precauciones específicas debido a la probable y cercana ocurrencia de un evento adverso.

*Prevención:* es la aplicación de medidas para evitar que un evento se pueda convertir en un desastre.

*Rehabilitación:* conjunto de medidas a corto plazo que se aplican para el restablecimiento de los servicios básicos e inicio de la reparación del daño físico, social y económico.

*Respuesta:* son todas las acciones llevadas a cabo ante un evento adverso que tiene por finalidad salvar vidas y disminuir las pérdidas materiales.

*Reconstrucción:* proceso de reparación de mediano y largo plazo del daño físico, social y económico.

*Riesgo volcánico:* se define como la posibilidad de pérdidas de vida y daños a la propiedad y bienes culturales en un área expuesta a la amenaza de una erupción volcánica, representa el impacto que tendrían los procesos volcánicos al presentarse en un área determinada, sobre la vida, la infraestructura, la economía y la sociedad en general.

## BIBLIOGRAFIA

1. Guía de capacitación sobre prevención de desastres naturales, Programa de integración de mecanismos de reducción de desastres y gestión de riesgos, Bolivia 2006
2. Salinas Hurtado José: Riesgos de Origen Natural en el Ecuador, OPS, capítulo 1, Ecuador; 2008.
3. Vargas, Gabriel; Amigo A; Reich, Martin; Morata D; Parada M. Departamento de Geología, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. 2007
4. Llambías, Eduardo, Jorge: Volcanes. Nacimiento, estructura, dinámica. 1 ed. **Vázquez Mazzini Editores**; 2009.
5. Hall, M.L., Samaniego, P., Le Pennec, J.L., Johnson, J, Late Pliocene to present volcanism in the Ecuadorian Andes. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 176, 1-6; 2008.
6. Guía de preparativos de salud frente a erupciones volcánicas. Módulo 2. Protección de los servicios de salud frente a erupciones volcánicas. Quito - Ecuador, febrero de 2005.
7. Manual de Albergues de Emergencia, Ministerio de Inclusión Económica y Social, Ecuador, UNICEF, 2008.
8. Oficina Sanitaria Panamericana, Organización Panamericana de la Salud (OPS), Una publicación del Área de Preparativos para Situaciones de Emergencia y Socorro en Casos de Desastre; 2005.
9. Macías Vázquez, José Luis y Lucía Capra Pedol. Los volcanes y sus amenazas editorial Fondo de Cultura Económica (colección La Ciencia para Todos, número 210). México; 2005.
10. Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y de la Media Luna Roja (IFRC); Organización de Estados Americanos (OEA). Manejo de albergues temporales; 2006
11. Sistema Nacional para la Prevención, Mitigación y Atención de Desastres (SINAPRED), Administración de albergues temporales, manual de procedimientos; Managua Nicaragua; marzo 2006.
12. Ana Campos García, Desarrollo territorial del Cantón Penipe: Previniendo las consecuencias de la activación del Volcán Tungurahua, Primera edición, Lima, Perú; septiembre de 2009.
13. Samaniego P, Martin H, Robin C, Monzier M, Cotten J. Temporal evolution of magmatism at Northern Volcanic Zone of the Andes: the geology and petrology of Cayambe volcanic complex, *Petrology*. Vol. 46-11 2225-52; 2005.
14. Robin C, Samaniego P, Le Pennec JL, Mothes P, Vander P. Late Holocene cycles of dome growth and Plinian activity at Guagua Pichincha volcano, *Volcanology and Geotherm*. 10.1016; 2007.
15. Arellano S, Hall M, Samaniego P, Le Pennec J, Ruiz G, Molina I, Yepes H. Degassing patterns of Tungurahua volcano, Ecuador, during the 1999-2006 eruptive period deduced from spectroscopic remote measurements of SO<sub>2</sub> emissions. *Volcanoogyl*. 176, 151-162; 2008
16. Barba D, Robin C, Samaniego P, Eissen J. Recurrent Pyroclastic flows at Chimborazo Volcano, between 8000 and 1000 yr. *Volcanology. Geotherm. Res*. 176, 27-35

17. Benard B, Van Wyk de Vries, B., Barba, B., Robin, C., Leyrit, H., Alcaraz, S., Samaniego, P. The Chimborazo sector collapse and debris avalanche: deposit characteristics as evidence of emplacement mechanisms. *Volcanology. Geotherm. Res.* 176, 36-43; 2008.
18. Le Pennec, J.-L., Jaya, D., Samaniego, P., Ramón, P., Moreno Yáñez, S., Egred, J., Van der Plicht, J. The AD 1300–1700 eruptive periods at Tungurahua volcano, Ecuador, revealed by historical narratives, stratigraphy and radiocarbon dating, *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 176, 70-81; 2008.
19. Robin, C., Samaniego, P., Le Pennec, J.L., Mothes, P., Van der Plicht, J. Radiocarbon dating of Late Holocene phases of dome growth and Plinian activity at Guagua Pichincha volcano (Ecuador). *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 176, 7-15; 2008.
20. Samaniego, P., Eissen, J.P., Le Pennec, J.L., Robin, C., Hall, M.L., Mothes, P., Chavrit, D., Cotten, J. Pre-eruptive physical conditions of El Reventador volcano (Ecuador), deduced from the petrology of the 2002 and 2004-05 eruptions. *J. Volcanol. Geotherm. Res.* 176, 82-93.
21. Samaniego, P., Le Pennec, J.L., Barba, D., Hall, M.L., Robin, C., Mothes, P., Yepes, H. Mapa de los peligros potenciales del volcán Tungurahua. (Esc. 1/50.000), 3ra Edición, Edit. IGM-IG/EPN-IRD; 2008.
22. Robin C., Eissen J.P., Samaniego, P., Martin H., Hall M., Cotten J. Evolution of the Late Pleistocene Mojanda – Fuya Fuya Volcanic Complex (Ecuador), by progressive adakitic involvement in mantle magma sources. *Bulletin of Volcanology*, Volume 71, Issue3, Page 233-258; 2009.
23. Álvarez, Marco; Avilés, José. Unidad de Preparación para Desastres Químicos, Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2009.
24. Dr. Claude de Ville de Goyet. Emergency Preparedness Program. PAHO.División técnica de la Organización Panamericana de la Salud. 2005
25. Baxter, Peter J. "Preventive Health Measures in Volcanic Eruptions." *American Journal of Public Health* 76 (1986) Supplement: 84-90.
26. Jurado Marrieta, Consideraciones Químicas, Clínicas y Epidemiológicas en torno a las erupciones de los volcanes Guagua Pichincha y Tungurahua, Ecuador, 2006
27. Álvarez, Marco; Avilés, José. Unidad de Preparación para Desastres Químicos, Ministerio de Salud Pública del Ecuador, 2009.

## Apéndice

Tabla 1

### Principales catástrofes acaecidas en el Ecuador entre los siglos XVI y XX

FECHA	TIPO DE FENOMENO	LUGAR AFECTADO	CONSECUENCIAS EN LAS COMUNIDADES Y SUS ASENTAMIENTOS
1587	TERREMOTO	Quito, Cayambe	Gran destrucción de San Antonio de Pichincha, más de 160 muertos y muchos heridos
1640	DERRUMBE	Cacha	Desaparición del pueblo de Cacha, cerca de Riobamba, alrededor de 5000 muertos
1645	TERREMOTO	Quito, Riobamba	Muchos estragos en toda la comarca, deterioro notable de edificios y numerosos fallecidos
1660	ERUPCION VOLCAN GUAGUA PICHINCHA	Quito	Destrucción de techos, se cegaron los caños de agua, daños en los cultivos
1687	TERREMOTO	Ambato, Pelileo, Latacunga	Destrucción de Ambato, Latacunga y pueblos de la comarca, alrededor de 7200 muertos
1688	TERREMOTO	Riobamba, Ambato, Latacunga	Gran destrucción de casas, iglesias, aproximadamente 7000 muertos
1703	TERREMOTO	Latacunga	Estragos notables pero menores a los del terremoto de 1698
1736	TERREMOTO	Provincia de Cotopaxi	Daños graves a casas e iglesias, muchas haciendas afectadas
1742	ERUPCION DEL VOLCAN COTOPAXI	Valle interandino, Quito y Latacunga	Haciendas arruinadas, ganado, molinos y obrajes arrebatados, destrozo de puentes, centenares de muertos
1755	TERREMOTO	Quito	Destrucción de un sinnúmero de edificios, los moradores evacuaron la ciudad
1757	TERREMOTO	Latacunga	Destrucciones materiales considerables, fallecieron 4000 personas aproximadamente
1768	ERUPCION DEL VOLCAN COTOPAXI	Valle interandino, Quito y Latacunga	Pérdidas agrícolas (cebada) y de ganado, hundimiento de casas bajo el peso de la ceniza, destrucción de puentes por las avenidas de lodo, unas 10 víctimas
1797	TERREMOTO	Riobamba	Destrucción total de la ciudad que fue trasladada a otro sitio después, entre 13000 y 31000 muertos, epidemias, impacto socio económico elevado
1840	TERREMOTO	Patate y Pelileo	Algunos estragos materiales
1856	TERREMOTO	Cuenca, Riobamba y Alausí	Daños a iglesias, destrucción de varios

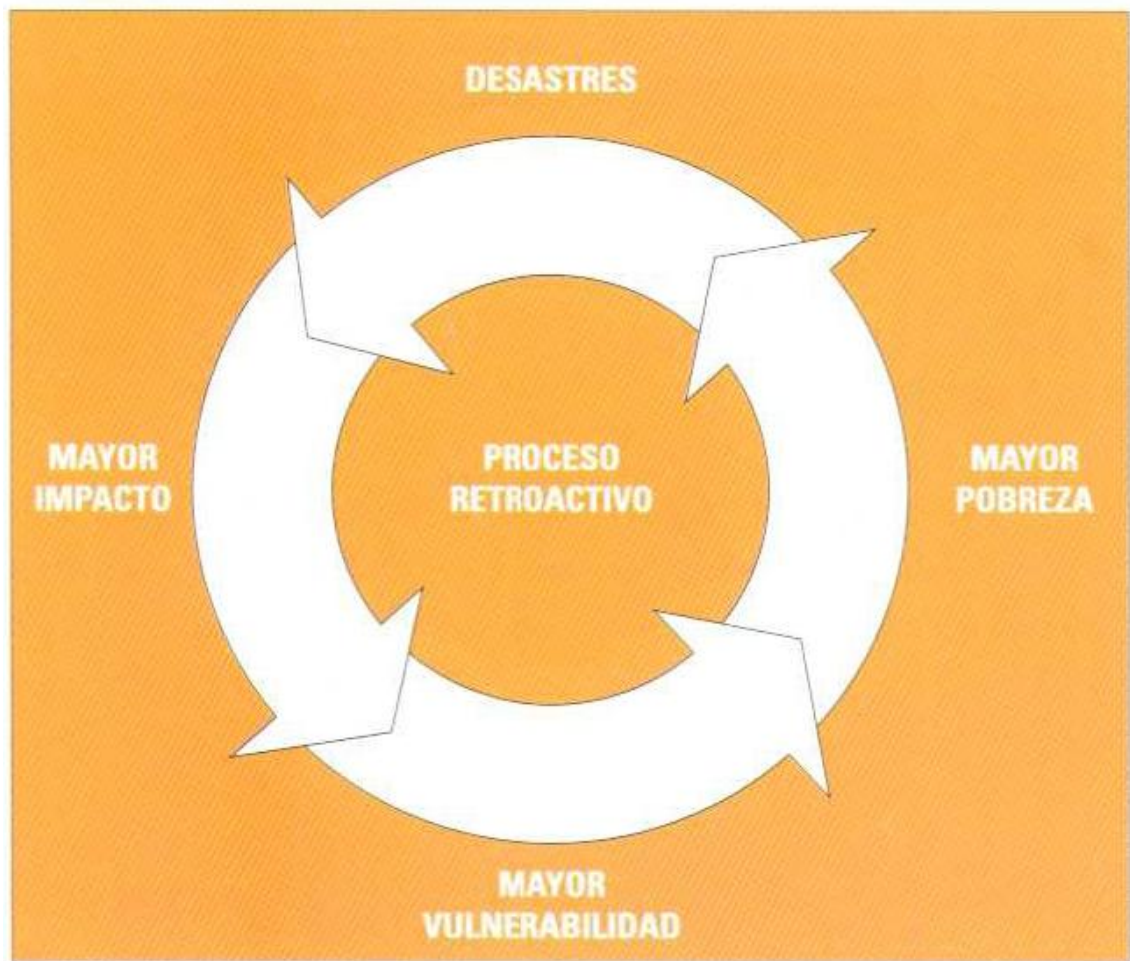
			caminos, algunos muertos
1859	TERREMOTO	Quito, valle de los Chillos	Graves daños materiales, serios estragos en poblaciones y haciendas del valle de los Chillos, un centenar de víctimas aproximadamente
1868	TERREMOTO	Otavalo, Atuntaqui, Ibarra	Grandes averías en casas e iglesias, decenas de muertos
1877	ERUPCION DEL VOLCAN COTOPAXI	Valle interandino, Quito y Latacunga	Los flujos de lodo arrasaron casas, haciendas, factorías, puentes. Y los lahares causaron la muerte de 1000 personas aproximadamente
1886	ERUPCION DEL VOLCAN TUNGURAHUA	Sectores circundantes al volcán	Daños en los cultivos
1896	TERREMOTO	Bahía de Caráquez, Portoviejo	Destrucción parcial de edificios y viviendas, un muerto y varios heridos
1906	TERREMOTO, TSUNAMI	Esmeraldas	Decenas de muertos, daños considerables por el movimiento y las inundaciones
1914	TERREMOTO	Pichincha	Destrucción de casas
1918	ERUPCION DEL VOLCAN TUNGURAHUA	Baños y otros caseríos cercanos	Aluvión de lodo devastó algunos sitios, arrebató casas y animales, destrucción de puentes
1923	TERREMOTO	Carchi	Cayeron muchas casas, daños a los caminos, 3000 víctimas, 20000 damnificados
1942	TERREMOTO	Guayaquil, Portoviejo	Pérdidas cuantiosas, cuarteamientos serios en paredes y cubiertas, 200 muertos, centenares de heridos
1944	TERREMOTO	Pastocalle, Saquisilí	Destrucción parcial de edificios y viviendas
1949	TERREMOTO	Ambato, Pelileo	Ciudad íntegramente destruida, 6000 muertos y miles de heridos, 100000 personas sin hogar, consecuencias económicas grandes y de larga duración
1958	MAREMOTO	Provincia de Esmeraldas	Colapso total de casas antiguas y parcial de construcciones nuevas, destrucción de barcos, 4 o 5 muertos
1965	EL NIÑO (INUNDACIONES)	Costa	Pérdidas agrícolas, 5000 damnificados, daños evaluados en 4 millones de dólares
1970	TERREMOTO	Frontera Sur (Perú)	Destrucción casi total de algunas cabeceras cantonales, impacto socioeconómico considerable, 40 muerto aproximadamente. 1000 muertos entre Ecuador y Perú
1972-1973	EL NIÑO (INUNDACIONES)	Costa	Pérdidas agrícolas, daños a carreteras, 30000 damnificados
1982-1983	EL NIÑO	Guayas, Manabí,	600 muertos, 650 millones

	(INUNDACIONES)	Esmeraldas	de dólares en pérdidas
1987	EL NIÑO (INUNDACIONES)	Costa	Pérdidas agrícolas, 10000 damnificados (febrero)
1987	TERREMOTO	Oriente, Pichincha, Imbabura	3500 muertos, reducción en un 60% de los ingresos por exportación de petróleo (daño en el oleoducto) cierre de vías por deslizamientos, aislamiento de pueblos
1992	EL NIÑO (INUNDACIONES)	Costa	Pérdidas agrícolas, 22 muertos, 205000 personas afectadas, 20 millones de dólares en daños
1993	DESIZAMIENTO DE LA JOSEFINA	Río Paute, aguas debajo de Cuenca	50 muertos y 147 millones de dólares en daños directos
1997-1998	EL NIÑO (INUNDACIONES)	Costa	286 muertos, 30000 damnificados, puentes destruidos, carreteras dañadas, impacto socio económico serio y a largo plazo
1998	TERREMOTO	Bahía de Caráquez	3 muertos, 40 heridos, 750 personas sin hogar, 150 casas destruidas, 250 casas dañadas
1999	ERUPCION VOLCAN GUAGUA PICHINCHA	Quito, Lloa	2000 personas desplazadas (Lloa), pérdida de ganado, perturbación del tráfico aéreo, alteración de labores cotidianas en Quito (trabajos, escuelas)
1999	ERUPCION VOLCAN TUNGURAHUA	Baños	32 muertos, 25000 evacuados, pérdidas agrícolas estimadas 17600000 dólares, pérdidas en el campo turístico 12000000 de dólares

Fuente: páginas web del Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional.

TABLA 2

**El proceso retroactivo de los desastres  
y su incidencia en la pobreza**



Fuente: Sistema Integrado de Indicadores Sociales en el Ecuador (SIISE)

Tabla 3

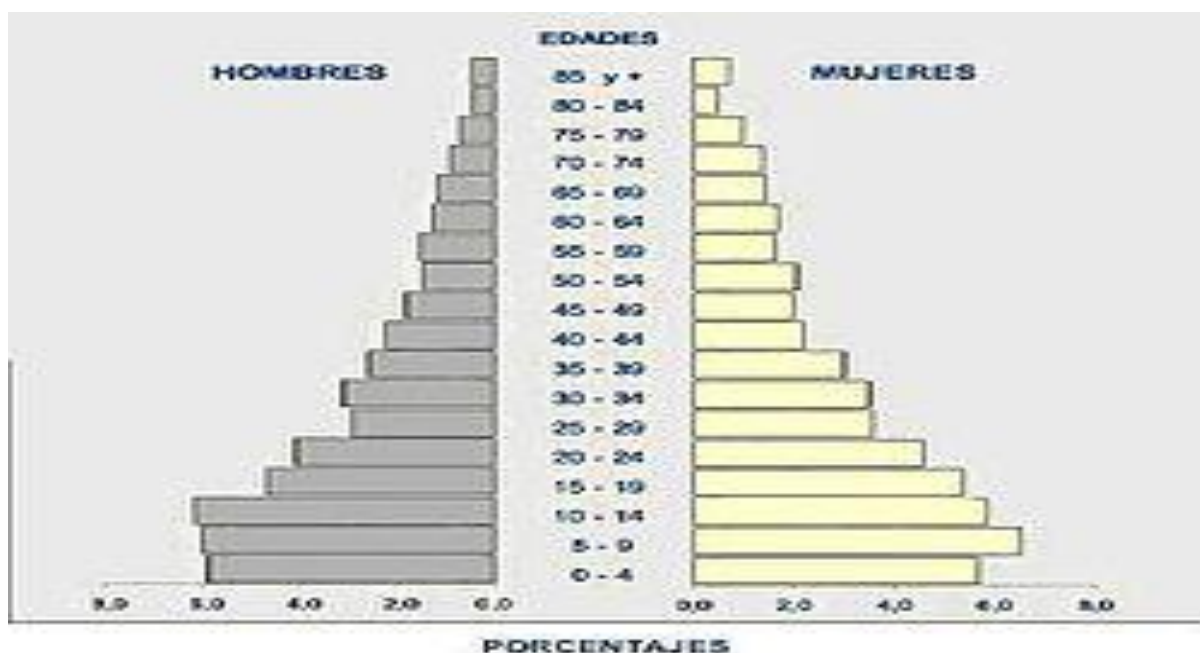
**Alertas desarrolladas para el volcán Tungurahua, Ecuador, 1999**

<b>Alerta</b>	<b>Características observadas</b>	<b>Tiempo probable para la ocurrencia de un evento grande</b>	<b>Interpretación</b>	<b>Acciones recomendadas (comité técnico y autoridades)</b>
Blanca	Aumento pequeño de la sismicidad, de la actividad fumarólica, de la temperatura de las fumarolas o manantiales, cambios de composición o deshielos.	Meses, años o siglos.	Volcán en reposo, no hay erupción inminente.	Monitoreo del volcán. Desarrollo de planes de preparación.  Mantener la comunicación entre los organismos responsables de la vigilancia, autoridades y Defensa Civil.
Amarilla	Aumento moderado de la sismicidad y/o de la temperatura superficial, y/o explosiones freáticas, y/o de las emanaciones gaseosas. Posible deformación de los flancos del volcán.	Semanas o meses.	Posible intrusión magmática; eventualmente puede conllevar a una erupción.	Optimización del monitoreo del volcán y del procesamiento de los datos.  Consultas diarias entre el comité técnico y las autoridades.  Anuncio público de la posible emergencia  Revisar y/o actualizar el plan de contingencia e

				intensificar la educación al público.
Naranja	Actividad precursora intensa que incluye tremor armónico, y/o incremento de la sismicidad, y/o aceleración de la deformación y/o ocurrencia de explosiones freáticas y/o actividad eruptiva poco explosiva.	Días o semanas.	Magma cercano a la superficie, o en el cráter del volcán, erupción grande probable.	Realizar una evaluación técnica del estado del volcán y anunciar un posible evento eruptivo grande.  Tomar las acciones inmediatas establecidas en los planes de contingencia.
Roja	Proceso eruptivo altamente explosivo en curso	Días, horas o ya en curso.	Erupciones explosivas grandes en marcha.  Posible ocurrencia de una erupción aún mayor.	Confirmar el evento eruptivo grande en curso.  Responder de acuerdo a los fenómenos eruptivos que se presenten.

Fuente: Instituto Geofísico de la Escuela Politécnica Nacional – Ecuador

Tabla 4  
Pirámide de la población del Cantón Penipe



Fuente: CENSO 2010

**Cuadros comparativos de los procesos eruptivos con las enfermedades prevalentes en relación con el tiempo**

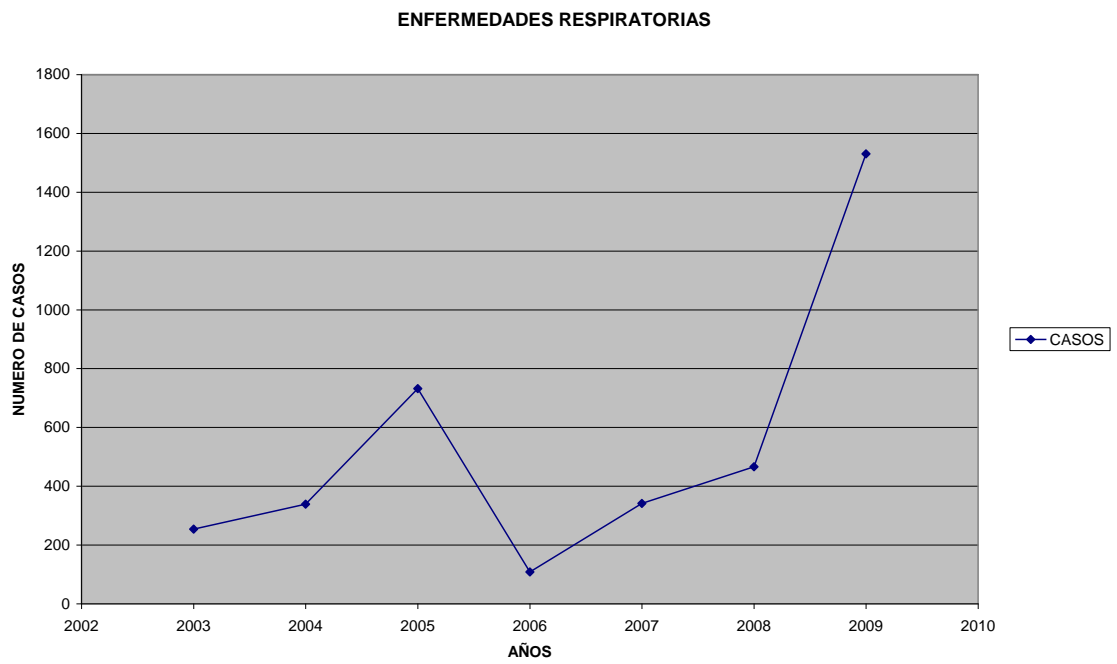
**Cuadro 1**

MORBILIDAD	2003		2004		2005		2006		2007		2008		2009	
Enfermedades respiratorias	254	76%	339	71%	732	67%	108	43%	341	73%	466	82%	1530	86%
Enfermedad diarreica aguda	30	9%	73	15%	249	23%	68	27%	69	15%	65	11%	75	4%
Enfermedades dermatológicas	19	6%	68	14%	107	10%	52	21%	47	10%	31	5%	133	7%
Enfermedades oftalmológicas	31	9%	-	0%	-	0%	23	9%	8	2%	7	1%	47	3%
<b>Total</b>	<b>334</b>		<b>480</b>		<b>1088</b>		<b>251</b>		<b>465</b>		<b>569</b>		<b>1785</b>	

Fuente: Dirección Provincial de Salud de Chimborazo

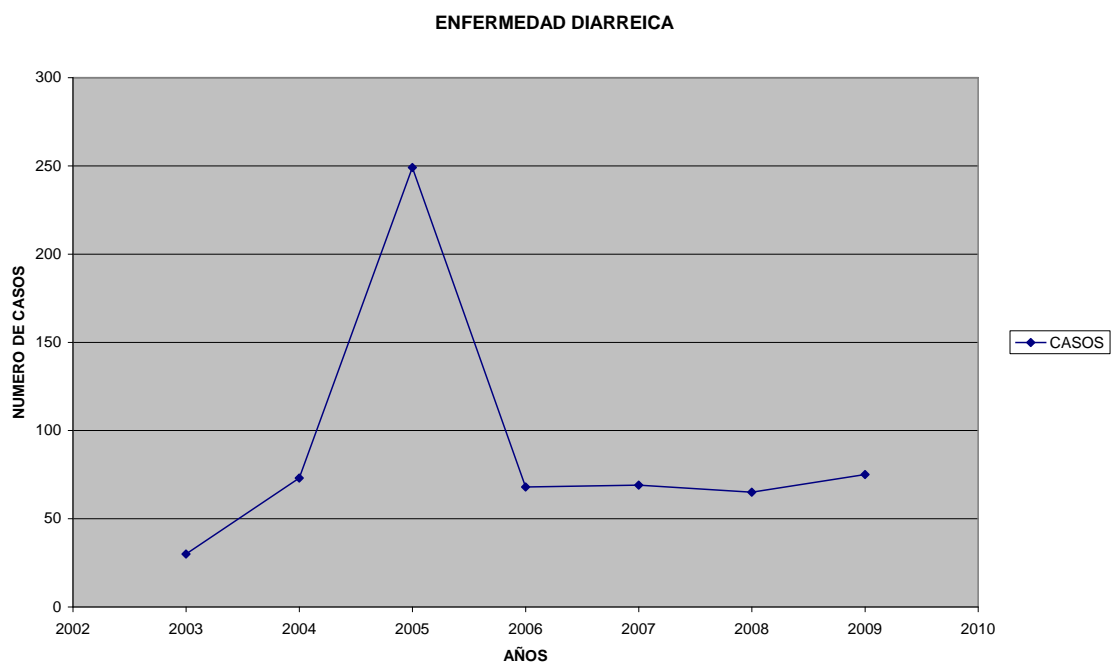
Para el último año, el porcentaje de la población con diferentes tipos de morbilidad abarca el 37% de la población total de Penipe.

Cuadro 2



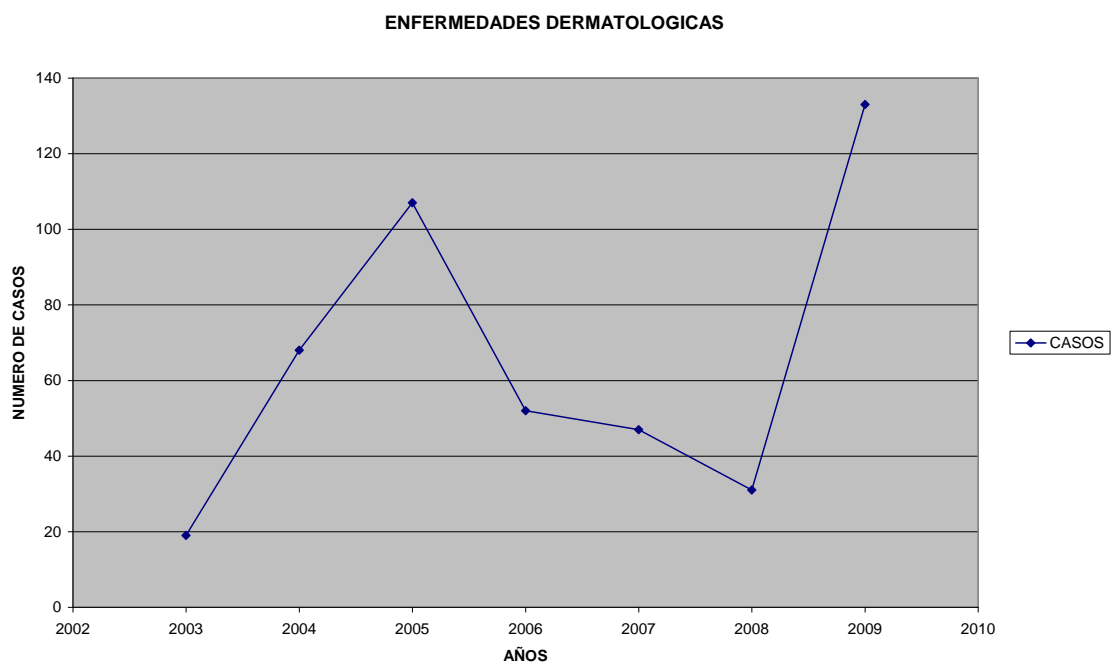
Fuente: Investigación Propia.

Cuadro 3



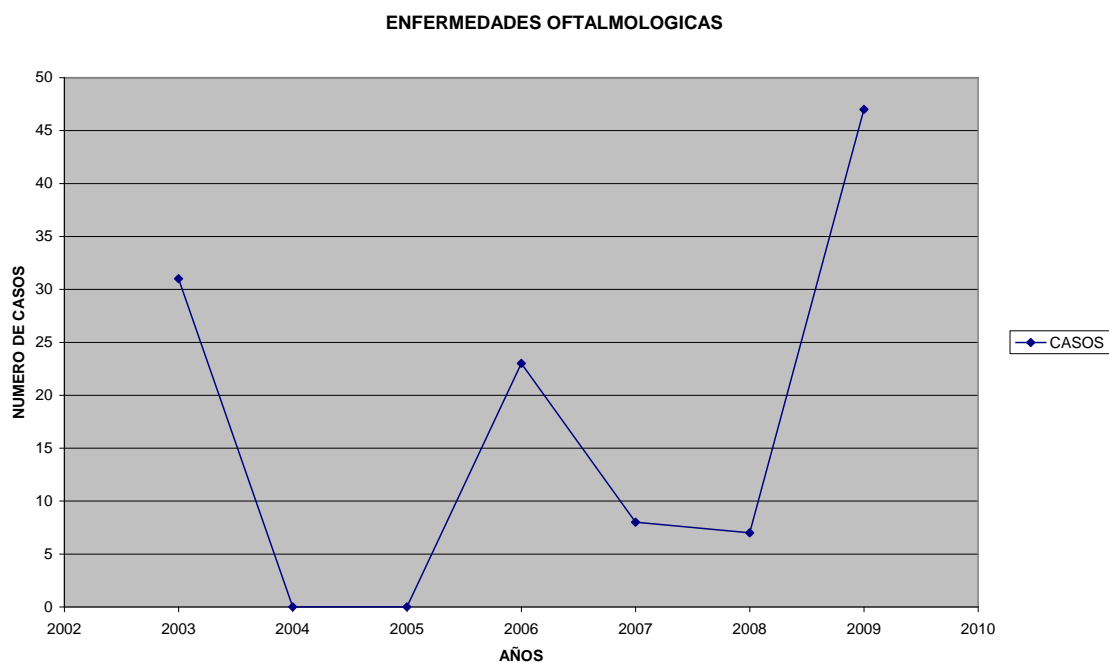
Fuente: Investigación Propia.

Cuadro 4



Fuente: Investigación Propia.

Cuadro 5



Fuente: Investigación Propia.

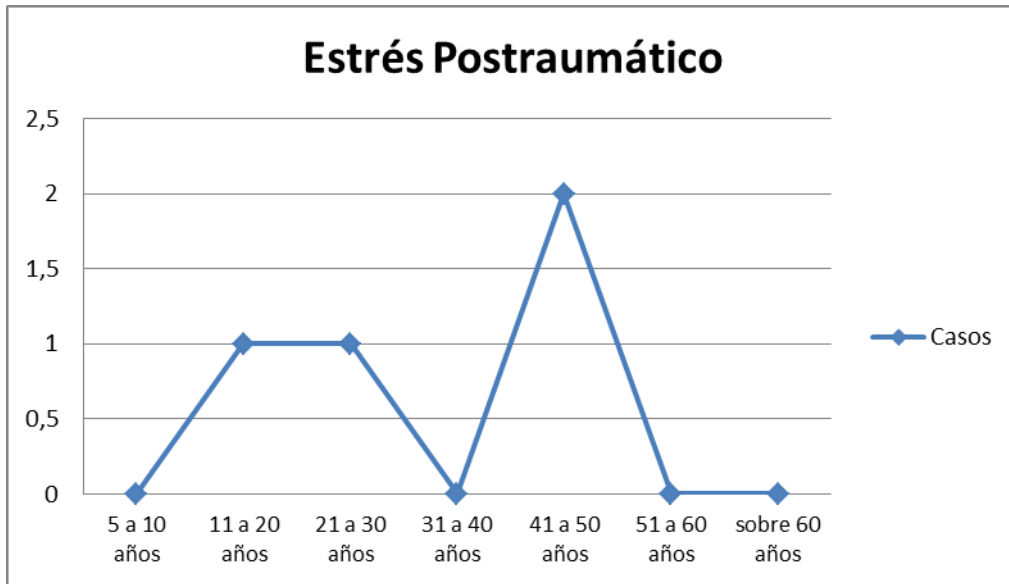
Cuadro 6

**CASOS DE ESTRÉS POSTRAUMATICO**

(Encuesta realizada a 80 personas de la comunidad de Penipe 4 de diciembre 2010)

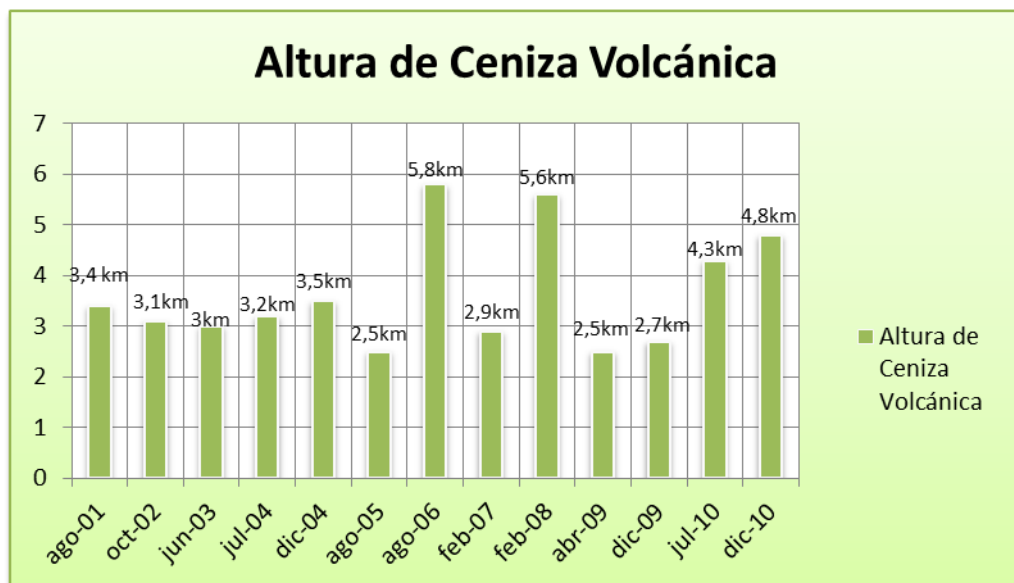
Edades	Casos
5 a 10 años	0
11 a 20 años	1
21 a 30 años	1
31 a 40 años	0
41 a 50 años	2
51 a 60 años	0
sobre 60 años	0

Fuente: Investigación Propia.



Fuente: Investigación Propia.

Tabla 6

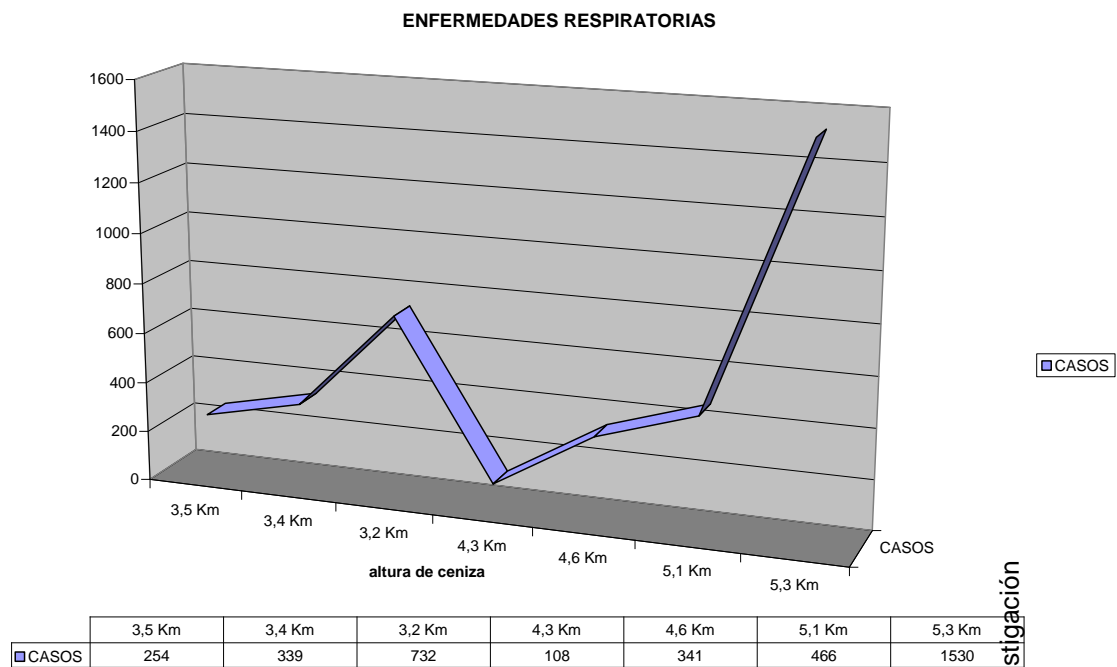


Fuente: Investigación Propia.

**Análisis de la relación de la altura de ceniza volcánica con las enfermedades presentadas.**

Este análisis ha sido realizado en el programa estadístico SPSS 19, utilizando la prueba del Chi-Cuadrado, para determinar la relación de dependencia o independencia entre dos variables. Este programa analiza los resultados con un valor “alfa 0.05”, aceptando la hipótesis de independencia si el valor de prueba significativo es mayor a “alfa”, y se rechaza la hipótesis de independencia si el valor es menos que “alfa”.

Tabla 7: Relación de enfermedades respiratorias con ceniza volcánica



Fuente: Investigación

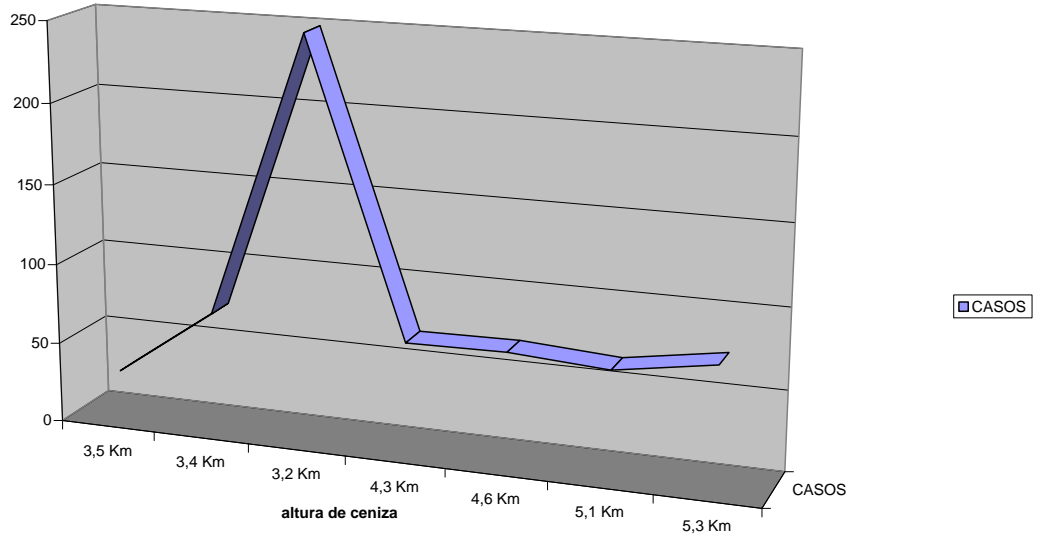
**Pruebas de chi-cuadrado**

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	42,000 <sup>a</sup>	36	,227

\*Se acepta la hipótesis de independencia

Tabla 8: Relación de enfermedad diarreica con ceniza volcánica

ENFERMEDAD DIARREICA



	3,5 Km	3,4 Km	3,2 Km	4,3 Km	4,6 Km	5,1 Km	5,3 Km
CASOS	30	73	249	68	69	65	75

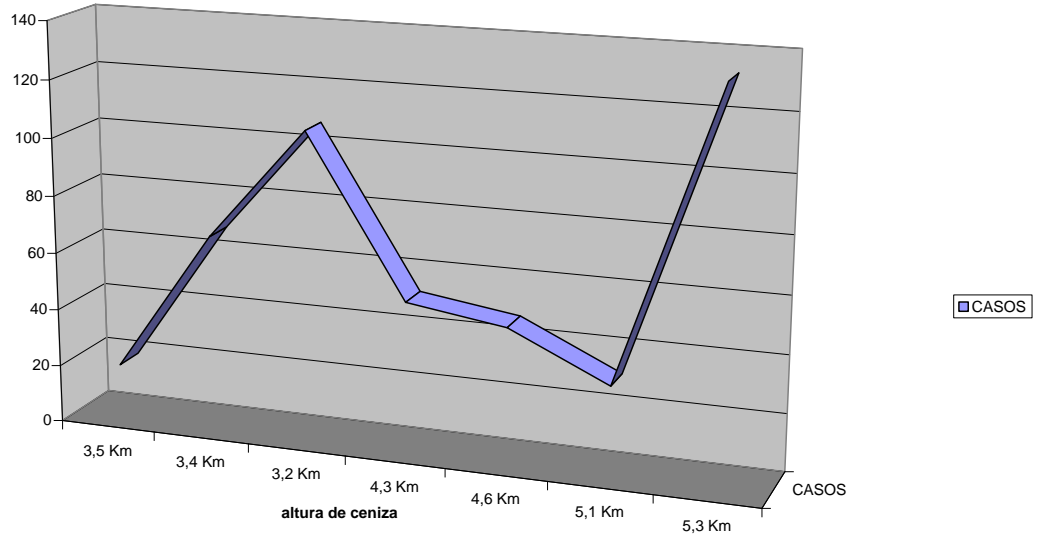
Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	42,000 <sup>a</sup>	36	,227

\* Se acepta la hipótesis de independencia.

Tabla 9: Relación de enfermedades dermatológicas con ceniza volcánica

ENFERMEDADES DERMATOLÓGICAS



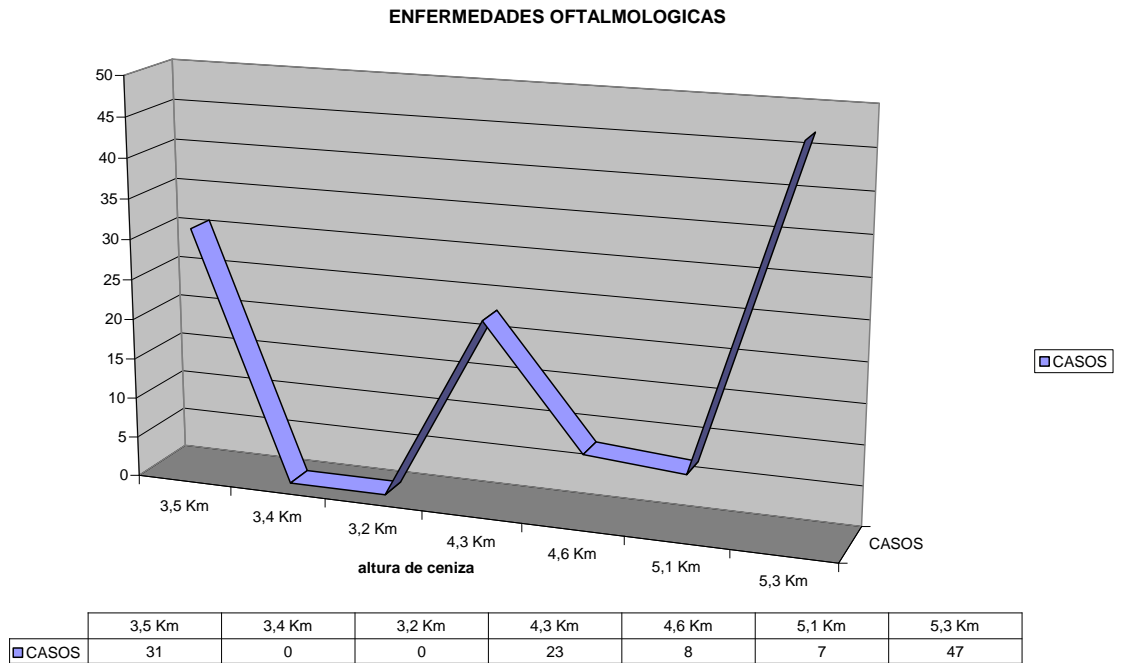
	3,5 Km	3,4 Km	3,2 Km	4,3 Km	4,6 Km	5,1 Km	5,3 Km
CASOS	19	68	107	52	47	31	133

Pruebas de chi-cuadrado

	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	42,000 <sup>a</sup>	36	,227

\* Se acepta la hipótesis de independencia.

Tabla 10: Relación de enfermedades oftalmológicas con ceniza volcánica



**Pruebas de chi-cuadrado**

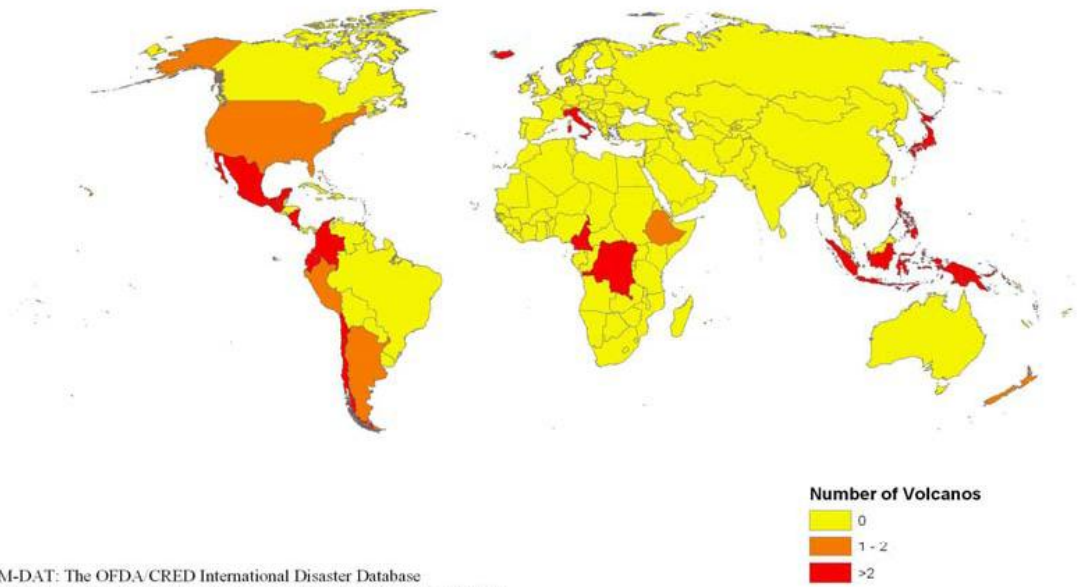
	Valor	gl	Sig. asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	20,000 <sup>a</sup>	16	,220

\* Se acepta la hipótesis de independencia.

Mapa 1

**MAPA QUE DEMUESTRA EL RIESGO VOLCANICO A NIVEL MUNDIAL**

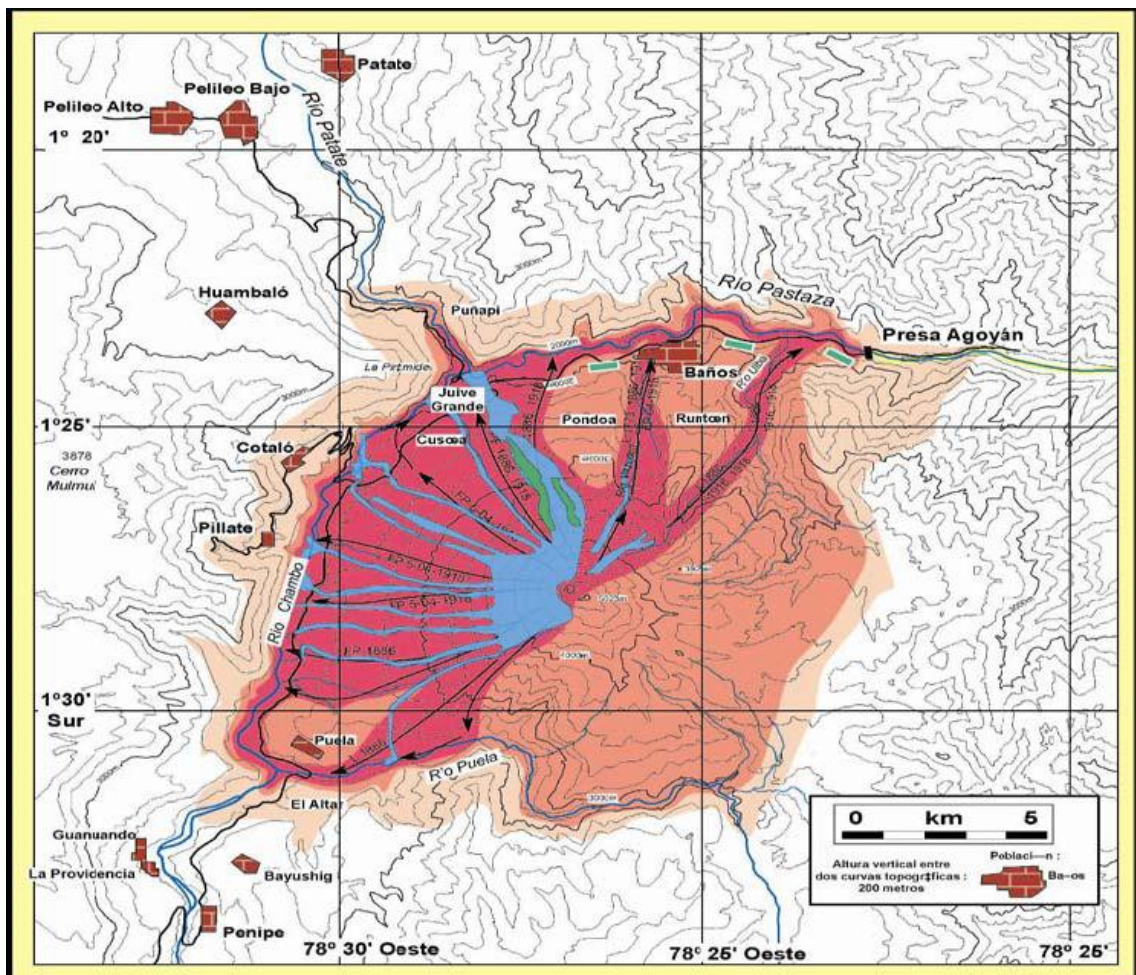
---



EM-DAT: The OFDA/CRED International Disaster Database  
www.em-dat.net - Université Catholique de Louvain - Brussels - Belgium

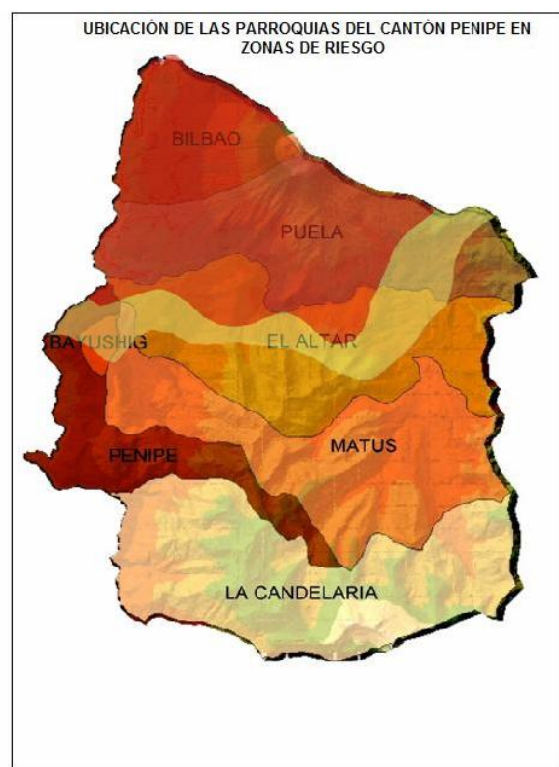
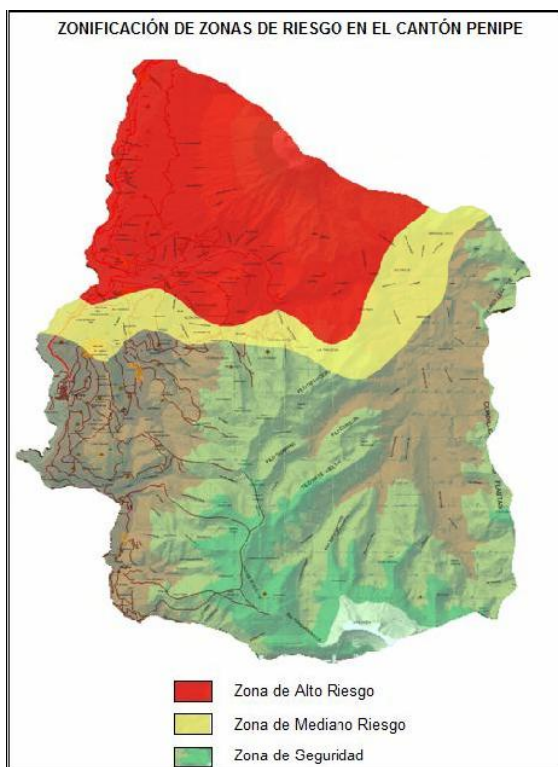
## MAPA 2

### MAPA DE UBICACIÓN GEOGRAFICA



Mapa 3: ZONAS DE RIESGO

Mapa 4: **MAPA DE CANTONES AFECTADOS POR LA ERUPCION VOLCANICA**



Mapa 5

### REGIONES DE MAYOR ALCANCE EN EL PROCESO ERUPTIVO DEL VOLCAN TUNGURAHUA

