

363.3495

03ri



RIESGO VOLCANICO

CAPACITACION
1996

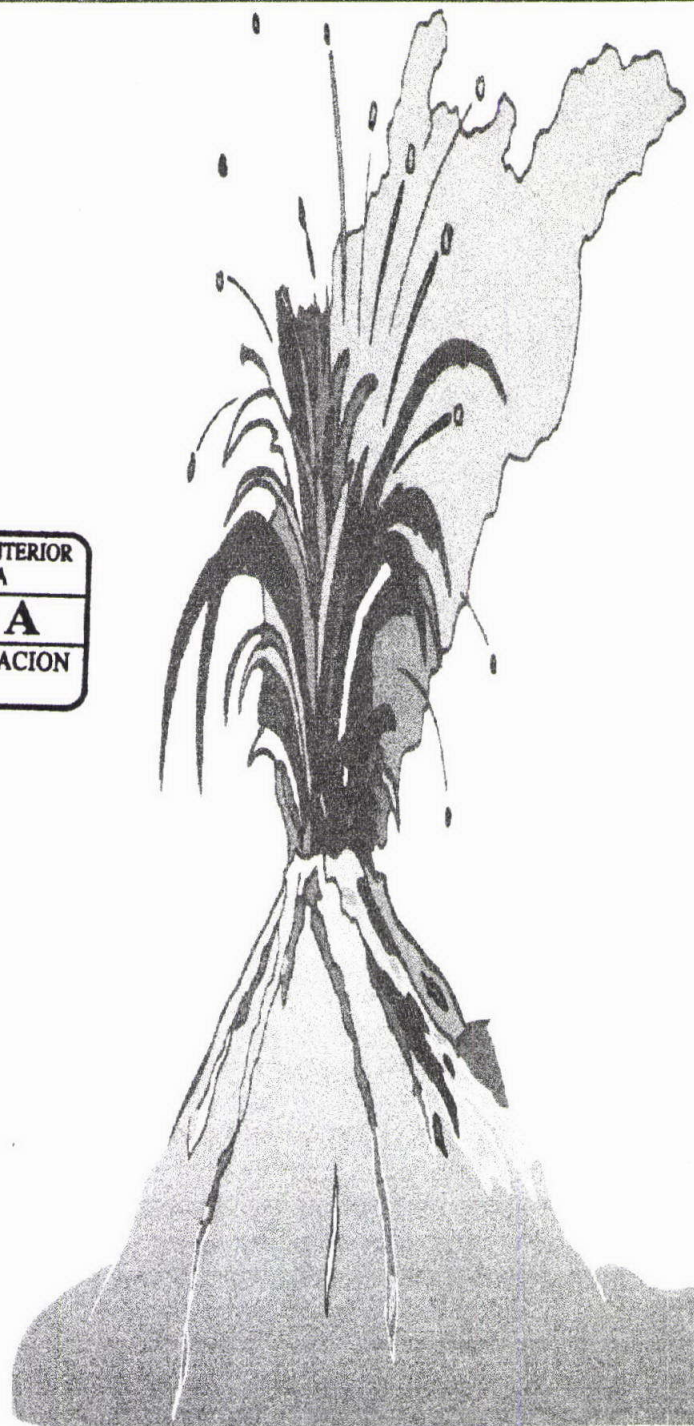
363.3495
03ri

REPUBLICA DE CHILE
MINISTERIO DEL INTERIOR
OFICINA NACIONAL DE EMERGENCIA

00061

" Por un Chile Más Seguro en el Siglo XXI "

Oficina Nacional de Emergencia Ministerio del Interior



MODULO DE CAPACITACION " RIESGO VOLCANICO "

INTRODUCCION

El territorio chileno a través de su evolución geológica, siempre ha presentado manifestaciones volcánicas, desde unos 300 millones de años hasta el presente. No obstante, el volcanismo más moderno data de hace unos 2 millones de años.

Chile es un país de volcanes y se estima que posee unos 500 grupos volcánicos, cada uno con 10 centros de emisión, en promedio. De éstos, más de 50 están en actividad o han tenido alguna erupción en tiempos históricos. La explicación a este fenómeno la encontramos en la constitución geológica, evolución y situación geotectónica del borde occidental sudamericano, del cual Chile forma parte. Este margen constituye un sector denominado «Círculo de Fuego del Pacífico» que se caracteriza por la intensa actividad sísmica y volcánica producto del deslizamiento de las «placas de corteza continental» sobre las «placas de corteza oceánica». En nuestro caso, la interacción es entre la **Placa Sudamericana** y la **Placa de Nazca**, genera un proceso llamado **Subducción**.

Dentro de los diversos tipos de desastres naturales que ha sufrido nuestro país, las erupciones volcánicas han cobrado un gran número de vidas humanas y ha significado importantes pérdidas económicas al país.

PROPOSITO DEL MODULO : Proporcionar conocimientos y métodos que permitan integrar el riesgo Volcánico al proceso de Microzonificación.

OBJETIVOS

- Conocer las características generales del fenómeno volcánico.
- Caracterizar las amenazas e identificar la vulnerabilidad frente a los productos de un proceso eruptivo.
- Hacer un mapa de Microzonificación y el Monitoreo Volcánico.

1.- EL FENOMENO VOLCANICO.

Causas:

El volcanismo es una de las manifestaciones naturales más espectaculares y evidentes de la dinámica terrestre. El volcanismo, al igual que la sismicidad a la cual está íntimamente ligado, nos muestra, de forma a veces catastrófica, que la tierra como planeta es activo y en su interior están ocurriendo procesos de transformación energética, geoquímica y geofísica.

La litósfera comprende la capa exterior del planeta, seccionada en placas tectónicas irregulares formando mares y continentes. Estas placas tienen diferentes densidades y grosores, las menos densas, compuestas por rocas graníticas forman los continentes. En cambio, las más densas, compuestas por basaltos, comprenden los fondos marinos y submarinos. Estas placas de diferentes densidades flotan y se mueven sobre el manto, capa subsuperficial de unos 2.900 Km. de profundidad y compuesta fundamentalmente de silicatos. El material del manto va generando viscosidad a medida que aumenta en profundidad. Como las distintas placas se están moviendo, existen regiones en que ellas emergen, rozan, se hunden una bajo otra y chocan.

En estas regiones del planeta donde ocurren movimientos orogénicos (nacimientos de cordilleras, fosas tectónicas, zonas de fallas, regiones sísmicas, etc.) el magma (mezcla de silicatos fundidos y diversos gases), asciende a través de las fracturas de la corteza terrestre, expulsando materiales piroclásticos, flujos y gases.

En Chile se ha reconocido la existencia de los siguientes marcos tectónicos, que controlan el volcanismo activo:

- a) **De Subducción** : a lo largo de la Cordillera de los Andes, en que la Placa de Nazca interacciona con la Placa Sudamericana.
- b) **De Rift** : a lo largo del Estrecho de Bransfield, en el extremo septentrional de la Península Antártica.
- c) **De Puntos Calientes intraplacas**: en las islas oceánicas del Pacífico.

Proceso (funcionamiento):

El volcanismo específicamente significa la extrusión de materiales magmáticos. Es decir, la salida muchas veces violentas de una mezcla de gases y roca fundida, que se denomina **magma** y que la superficie pasa a llamarse **lava**, y se ha formado por desequilibrio físico-químico y termodinámico de esta fusión de rocas que se encuentran entre 20 a 300 Km. de profundidad, es decir, en la zona astenosférica superior.

Las **Cámaras magmáticas** se localizan generalmente a pocos kilómetros de profundidad bajo los centros eruptivos.

Las Erupciones:

Cuando los magmas alcanzan la superficie, se produce la erupción, la cual se inicia generalmente con el escape de los gases que se han separado de la columna magmática y acumulados en la parte superior, debido a su menor densidad y mayor movilidad, lo cual facilita su penetración por las fracturas y conductos o chimenea. Así se incrementa la presión en las zonas superficiales, desencadenándose fases explosivas.

Las erupciones varían ampliamente en magnitud y duración, no sólo de un volcán a otro sino también en el mismo. La frecuencia de las erupciones también es variable, desde volcanes que están casi en continua erupción hasta aquellos que entran en actividad en intervalos de cientos o miles de años.

Los tipos de erupciones definidas son:

- **Hawaianas** : Son erupciones tranquilas, de magmas pobres en sílice y no explosivas. El magma es muy fluido, alcanza el cráter principal y fluye. Por lo general, la columna eruptiva es inferior a los 1000 metros.
- **Estrombolianas** : Estas erupciones pueden o no presentar coladas de lava, pero sí eyección de piroclastos tipo escoria. Producen columnas eruptivas hasta 5 Km. de altura.
- **Vulcanianas** : En estas erupciones, el chorro de piroclastos es de mediana altura, esencialmente en las fases iniciales que arrojan escaso material magmático entre los fragmentos y bloques de las rocas que constituían el tapón del cráter.
- **Plinianas** : Son altamente explosivas, el típico material eyectado es pómez, característico de magmas muy ricos en sílice. En este tipo de erupción, la columna puede alcanzar hasta unos 40 Km. de altura. Ejemplos: erupciones de los volcanes Quizapu (1932) y Hudson (1991).

2.- PRODUCTOS DEL PROCESO ERUPTIVO

La actividad volcánica presenta una amplia gama de eventos eruptivos que generan productos directos e indirectos de distinta magnitud.

a) DIRECTOS:

Actividad Sísmica:

La generación de sismos en áreas volcánicas se pueden dar por:

- a) El movimiento de magma y la formación de fracturas asociadas.
- b) Explosiones volcánicas.
- c) Movimientos en masa a gran escala.
- d) Esfuerzos tectónicos.

Los sismos de las primeras dos categorías típicamente son someros, de magnitud pequeña a moderada, ($M < 5$), y raras veces causan daños en sitios alejados del volcán.

Explosiones:

Las grandes explosiones dirigidas resultan de la despresurización repentina del sistema magmático y/o hidrotermal dentro del volcán. Las explosiones así formadas generan una corriente de densidad que se mueve a velocidades excepcionalmente altas (mayores de 100 m/s) y tiene una movilidad muy alta, por lo que casi no le afectan los rasgos topográficos.

Piroclastos:

Los flujos piroclásticos son masas secas y calientes (300°C a más de 800°C) de escombros piroclásticos y gases que se movilizan rápidamente a ras de la superficie a velocidades con un rango de 10 a varios cientos de metros por segundo.

Oleadas Piroclásticas:

Las oleadas piroclásticas son dispersiones gas-sólido, turbulentas, bajas en concentración de partículas, que fluyen sobre la superficie del terreno a altas velocidades. Las oleadas piroclásticas se dividen en dos categorías: oleadas calientes y oleadas frías. Las oleadas piroclásticas calientes son generadas por muchos de los mismos procesos que dan lugar a los flujos piroclásticos; las oleadas piroclásticas frías son generadas por explosiones hidromagmáticas o hidrotermales.

Caída de Tefra y Proyectiles Balísticos:

La tefra está constituida por fragmentos de roca y lava que han sido expulsados hacia la atmósfera y que luego caen nuevamente sobre la superficie terrestre. Las partículas son transportadas hacia arriba por medio de columnas eruptivas. La **tefra** varía de tamaño desde **ceniza** (< 2mm), **lapilli** (2-64 mm), hasta **bloques y bombas** (> 64 mm) que pueden alcanzar diámetros de hasta varios metros. Las densidades varían desde **pómez** y **escoria** vesiculares de baja densidad, hasta cristales y fragmentos **líticos** muy densos. Las caídas de tefra constituye la amenaza directa de mayor alcance derivado de erupciones volcánicas.

Flujos de Lavas:

El magma que surge y fluye por gravedad en la superficie se denomina lava.

Las velocidades de avance de los flujos de lava varían considerablemente desde unos pocos metros a cientos de metros por hora. El mayor peligro relacionado a flujos de lava representa el daño parcial o la destrucción total por enterramiento, trituración o incendio, de todo lo que éstos encuentran a su paso. Adicionalmente, los incendios causados por flujos de lava pueden afectar áreas alejadas de los límites del flujo mismo.

Los flujos de lava también pueden fundir nieve y hielo, lo cual a su vez puede formar lahares y crecidas.

Emisión de Gases:

El magma contiene gases disueltos, los cuales escapan hacia la atmósfera, tanto durante las erupciones como mientras el magma permanece estacionado cerca de la superficie. Los gases también pueden ser emitidos por sistemas hidrotermales. El gas volcánico más abundante es el vapor de agua; otros gases importantes incluyen el dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxidos de azufre, ácido sulfhídrico, cloro y flúor. Tanto los compuestos de azufre como los cloruros y fluoruros reaccionan con el agua para formar ácidos venenosos, los cuales, aún en concentraciones bajas, son nocivos para los ojos, la piel y el sistema respiratorio de seres humanos y animales. Dependiendo de su concentración y del tipo de vegetación, estos ácidos pueden causar daño y hasta liquidar la vegetación; también pueden destruir tejidos textiles y metales.

El anhídrido carbónico y el monóxido de carbono son inodoros y, al contrario de los otros gases tóxicos, no pueden ser detectados por las personas. El monóxido de carbono es venenoso y el anhídrido carbónico, que es más denso que el aire.

Ondas Expansivas:

Durante algunas erupciones explosivas históricas y debido al rápido movimiento del material arrojado, se han originado ondas de choque atmosféricas. A pesar de que la energía de las ondas de choque disminuye con la distancia de su centro de emisión, éstas pueden tener la energía suficiente para causar daños a estructuras distantes.

b) INDIRECTOS:

Lahares:

Los lahares y las crecientes, o crecidas, son los miembros terminales de una serie continua de procesos que varían desde lahares densos dominados por flujos laminares hasta crecidas de agua turbulentas. Los lahares son mezclas de escombros rocosos, movilizadas por agua, que fluyen rápidamente, y se originan en las pendientes de los volcanes. Durante el avance del flujo ocurren transformaciones entre **crecidas y lahares**:

- a) Las crecidas (ricas en agua) incorporan progresivamente más sedimento, convirtiéndose en lahares; este proceso se denomina hinchamiento.
- b) Los lahares se diluyen ya sea por el incremento de agua o por la pérdida de sedimento, transformándose en flujos de crecidas hiperconcentrados, denominados descarga terminal del lahar y en crecidas diluidas.

Los lahares que se mueven a altas velocidades pueden ascender paredes en la parte exterior de curvas y pueden sobrepasar barreras topográficas.

Los lahares pueden ser generados de muchas maneras, las cuales resultan en la mezcla de escombros de roca y agua en un volcán. Las explosiones volcánicas pueden desaguar de forma catastrófica las lagunas cratéricas.

Avalanchas de escombros saturados de agua pueden transformarse en lahares, y avalanchas de escombros que llegan a detenerse pueden generar lahares al soltar agua y pequeños deslizamientos de masa. La interacción de flujos piroclásticos y oleadas con nieve y hielo provoca la fusión de estos últimos y el agua así generada se puede mezclar con sedimento, tal como ocurrió durante la erupción del Nevado del Ruiz (Colombia) en 1985.

Los lahares amenazan las vidas humanas y las propiedades tanto en los volcanes como en los valles que los drenan. Debido a su alta densidad y a su velocidad, los lahares pueden destruir la vegetación y hasta estructuras importantes a lo largo de sus rutas, tales como puentes. Los depósitos de los lahares pueden enterrar obras de infraestructura y campos cultivados.

Estructuras para el control de crecidas proveen protección contra éstas y también pueden mitigar los efectos de los lahares.

La detección de un lahar cerca de su fuente puede proporcionar avisos oportunos a las personas que habitan río abajo, siempre y cuando exista un sistema de comunicación apropiado.

Avalanchas:

Las avalanchas volcánicas han ocurrido en numerosos conos compuestos o estratovolcanes durante tiempos históricos. Algunas han ocurrido después de varios meses de actividad sísmica precursora, de deformación o explosiva; otras han ocurrido con aparentemente escaso aviso previo. Una ayuda al debilitamiento progresivo de un edificio volcánico la constituyen las intrusiones, la alteración hidrotermal, la erosión y otros procesos. Este debilitamiento progresivo puede conducir a que se produzca el deslizamiento, aunque es más probable que éste se inicie debido a un terremoto o una explosión.

Las avalanchas de escombros entierran y destruyen todo lo que encuentran a su paso, y alteran enormemente la topografía preexistente. Adicionalmente, se pueden generar lahares y crecidas directamente a partir del desagüe de avalanchas de escombros.

Tormentas eléctricas:

Es común que durante erupciones explosivas, dentro de los hongos de cenizas se produzcan tormentas eléctricas debido a la carga provocada por el roce de las partículas al ser expulsadas violentamente (ej. Hudson, 1991). Este fenómeno puede producir interferencias radiales y telefónicas e incendios forestales.

Lluvias ácidas:

Desde los hongos eruptivos o desde las plumas, se generan lluvias ácidas por la condensación del vapor de agua y su reacción con otros compuestos gaseosos (Ej. erupción del volcán Lonquimay 1988-89). Las lluvias ácidas son, en extremo corrosivas y atacan específicamente a la biosfera y a los materiales metálicos. Además, alteran drásticamente las aguas superficiales y la composición de los suelos.

Tsunamis:

Los tsunamis son olas, o trenes de olas marinas, de período largo, generadas por el súbito desplazamiento de masas de agua; estas olas atraviesan las aguas profundas a gran velocidad en forma de olas anchas y bajas, para luego elevarse considerablemente al acercarse a las playas. La mayoría de los tsunamis se generan por sismos; sin embargo, decenas de tsunamis históricos de origen volcánico han causado numerosas muertes y grandes daños a la propiedad a lo largo de playas marinas y lacustre, aún a grandes distancias de las erupciones. Existe numerosos mecanismos para la generación de tsunamis de origen volcánico, incluyendo los sismos volcánicos, explosiones, colapsos o hundimientos, deslizamientos, lahares o flujos piroclásticos que entran en contacto con agua.

Deslizamientos:

En los volcanes que presentan laderas de fuerte pendiente, fallas, estructuras y materiales poco consolidados, etc. ya sea por efectos de la intrusión de lava o actividad sísmica, se desestabilizan, deforman y producen grandes colapsos estructurales.

Rupturas repentinas pueden generar caídas de rocas, deslizamientos de laderas y avalanchas de rocas, que constituyen un gran peligro natural, dado que pueden alcanzar enormes volúmenes que se deslizan y mueven con mucha rapidez, arrasando y sepultando lo que encuentran a su paso.

3.- EVALUACION DE LA AMENAZA VOLCANICA

Fenómenos Premonitorios

Un fenómeno de la magnitud y violencia de una erupción volcánica no ocurre espontánea mente, sino que es la manifestación final de un proceso que se ha estado dando por un largo periodo de tiempo dentro de la corteza terrestre: el ascenso del magma a la superficie. Este proceso tiene ciertos efectos químicos y físicos en la corteza que pueden ser detectados por técnicas apropiadas, y que aunque ellos mismos no son causa directa o inmediata de una erupción, puede sin embargo servir de indicadores de que el proceso que conduce a una erupción se está llevando a cabo.

Fenómenos Físicos:

Antes de las erupciones se han observado en las cercanías de los volcanes algunos fenómenos físicos y químicos tales como:

-Actividad Sísmica:

Aumento en la actividad sísmica local.
Ruidos audibles.

-Deformación del Suelo:

Expansión o levantamiento del edificio volcánico.
Cambios en la pendiente del suelo cerca del volcán.

Fenómenos Hidrotermales:

- Aumento de caudal en las fuentes termales.
- Aumento de la descarga de vapor de las fumarolas.
- Aumento en la temperatura del agua en fuentes termales y en el vapor de las fumarolas.
- Aumento de temperatura en los lagos del cráter.
- Fusión de hielo o nieve en el volcán.

Cambios Químicos:

Cambios en la composición química de los gases que se desprenden de las fumarolas.

4.- CARACTERISTICAS GENERALES DEL VOLCANISMO EN CHILE.

Para visualizar mejor las características de los volcanes chilenos, estos se dividen en cuatro zonas: **Volcanes del Norte Grande, Volcanes del Centro Sur, Volcanes Australes y Volcanes Insulares.**

a) VOLCANES DEL NORTE GRANDE.

En general, se puede señalar que los volcanes de Norte Grande son menos activos que los de Centro y Sur, sólo unos pocos presentan casquetes de hielo que pueden originar lahares y la gran mayoría están ubicados en la alta puna, alejados de los centros poblados.

- Tipos de volcanes : estratovolcanes, domos, conos de piroclásticos.
- Tipos de lava : predominan las viscosas (silíceas).
- Tipos de piroclásticos : predominan los bloques, hay bombas y lapilli.
- Tipos de erupciones : predominan las vulcanianas y plinianas.

b) VOLCANES DEL CENTRO Y SUR.

En este sector se encuentran los volcanes más activos de país, el Llaima y el Villarrica. La mayoría presenta gruesos y extensos casquetes de hielo, en consecuencia los lahares son frecuentes. Estudios geológicos revelan que en tiempos prehistóricos no muy lejanos, tuvieron lugar en esta región erupciones violentísimas acompañadas de torrentes de cenizas incandescentes y voluminosos lahares que se extendieron por el valle longitudinal y alcanzaron hasta la Cordillera de la Costa. En Talca, por ejemplo, los depósitos de ceniza alcanzan varios metros de espesor y en Osorno, el lahar sobre el cual fue construida la ciudad tiene hasta 70 cm de espesor.

- Tipo de volcanes : estratovolcanes, domos, conos de piroclásticos, maares.
- Tipos de lava : las hay fluidas (pobres en sílice) y viscosas (silíceas).
- Tipos de piroclásticos : predominan el lapilli, hay ceniza, bombas y bloques.
- Tipos de erupciones : predominan las estrombolianas, vulcanianas y plinianas.

c) VOLCANES AUSTRALES.

Los Volcanes Australes se caracterizan por presentar gruesos casquetes de hielo que han originado gigantescos lahares (Hudson). Sin embargo, la mayoría están localizados fuera de las regiones pobladas (Huequi, Aguilera, Lautaro, Burney).

- Tipos de volcanes : estratovolcanes, domos, conos de piroclásticos.
- Tipos de lava : predominan las viscosas (silíceas).
- Tipos de piroclásticos : ceniza, lapilli, bloques y bombas.
- Tipos de erupciones : al parecer predominan las vulcanianas.

d) VOLCANES INSULARES.

Todas las islas chilenas del Pacífico son volcánicas. Erupciones submarinas se han registrado cerca de Juan Fernández, de San Félix y San Ambrosio. Dentro de los volcanes insulares se encuentran los de la Antártica Chilena y entre ellos, destaca la gran caldera de la Isla Decepción, muy activa en los últimos tiempos.

- Tipos de volcanes : estrovolcanes, conos de piroclásticos.
- Tipos de lava : las hay fluidas y viscosas.
- Tipos de piroclásticos : lapilli, ceniza, bombas y bloques.
- Tipos de erupciones : vulcanianas y vulcanianas submarinas.

ERUPCIONES RELEVANTES OCURRIDAS EN EL PAIS DURANTE EL PRESENTE SIGLO.

VOLCAN	FECHA
QUIZAPU	ABR 1932
LLAIMA	ENE 1956
LLAIMA	FEB 1957
PUYEHUE	MAY 1960
CALBUCO	FEB 1961
VILLARRICA	MAR 1964
ISLA DECEPCION	DIC 1967
HUDSON	AGO 1971
VILLARRICA	DIC 1971
VILLARRICA	OCT 1984
LONQUIMAY	DIC 1988
PETEROA	FEB 1991
HUDSON	AGO 1991
LASCAR	ABR 1993
LLAIMA	MAY 1994
LLAIMA	AGO 1994

5.- MEDIDAS DE PROTECCION ANTE EMERGENCIAS VOLCANICAS.

Se dan algunas sugerencias de medidas que se pueden tomar para dar protección permanente o temporal contra los diversos fenómenos destructivos que acompañan a las erupciones volcánicas. Estas son efectivas, dependiendo de la magnitud del proceso eruptivo.

Protección contra caída de ceniza:

Las caídas de cenizas son, tal vez, el fenómeno eruptivo más común; casi todos los volcanes emiten este tipo de material.

Los efectos principales de las caídas de cenizas son:

- a) Problemas respiratorios tanto en el hombre como en los animales.
- b) Contaminación de agua o envenenar el pasto.
- c) Oscuridad.
- d) Cubrimiento de estructuras bajas, de vegetación y cosechas.
- e) Sobrecarga de los techos de viviendas.

Protección contra explosiones volcánicas y flujos piroclásticos:

En áreas sujetas a tipos de erupción más violentos tales como flujos piroclásticos y explosiones dirigidas horizontalmente, la destrucción puede ser total de todo lo que esté a su alcance. Por lo tanto, la única medida preventiva eficaz es la evacuación oportuna.

Protección contra flujos de lodo y lahares:

Los flujos de lodos y pequeños lahares se pueden desviar con barreras o encauzar por medio de canales artificiales para proteger tierras o propiedades, pero en la mayoría de los casos el volumen y la fuerza del lodo es tal, que no se pueden controlar. En zonas de alto riesgo la única protección posible es la evacuación del área con tiempo suficiente, cuando una erupción amenaza o comienza, ya que los flujos de lodos o lahares son muy probables.

Es posible crear sistemas de alarmas bien diseñadas y realizadas puesto que estos flujos pueden alcanzar altas velocidades (superiores a los 100 Km/H), lo cual implica que las personas tienen poco tiempo para alcanzar lugares más altos.

6.- PLANIFICACION Y ORGANIZACION PARA EMERGENCIAS VOLCANICAS.

Una buena planificación y organización que se tenga para enfrentar una emergencia volcánica, implicará directamente en la protección a las personas y sus bienes, reduciendo de esta manera las vulnerabilidades y por ende los riesgos. Para ello, la Naciones Unidas en el documento Manejo de Emergencias Volcánicas da las siguientes recomendaciones:

- a) Que en cualquier comunidad expuesta a la amenaza volcánica hay una conciencia general del riesgo para la vida y los bienes, así como el deseo de una participación colectiva para reducirlo.
- b) Que exista una estructura legislativa dentro de la cual sea posible planificar, organizar y llevar a efecto, tanto a nivel nacional como local, las medidas apropiadas de protección, incluyendo si es necesario la evacuación de las áreas amenazadas y asistencia para los evacuados.
- c) Que el conocimiento científico de los volcanes potencialmente peligrosos sea lo suficiente mente avanzado que permita elaborar «escenarios» de las erupciones posibles, de sus efectos destructivos y de las consecuencias económicas y sociales.
- d) Que sea posible tener algún sistema de alerta para las erupciones inminentes, bien sea a partir de signos visibles de actividad volcánica o de monitoreo científico de los volcanes, y que esta alarma se dé con el tiempo suficiente para permitir que se ejecuten las acciones apropiadas.
- e) Que si las consideraciones anteriores han sido realizadas, se prepare un plan de emergencia para cada volcán potencialmente peligroso.

Elementos de un Plan de Emergencia:

El plan de emergencia normalmente contiene los siguientes elementos:

- Identificación y cartografía de las zonas amenazadas, censo de población y de los bienes transportables.
- Identificación de zonas de refugio seguras donde la población pueda ser evacuada en caso de una erupción peligrosa.
- Identificación de las rutas de evacuación.
- Identificación de los puntos de reunión para las personas en espera de ser evacuadas.
- Medios de transporte.
- Alojamiento y facilidades en las zonas de refugio.
- Hospitales y servicios médicos para atender heridos.
- Seguridad en las áreas evacuadas.
- Procedimientos de alerta.
- Formulación y comunicación al público de alertas, medios de comunicación en emergencias.
- Posibilidad de revisar y actualizar el plan.

ESTADOS DE ALERTA:

Los distintos Estados de Alerta recomendados por Naciones Unidas, son dados a continuación, con algunas modificaciones realizadas en base a experiencias de erupciones de los volcanes chilenos:

ESTADO DE ALERTA: I (BLANCA)

Fenómenos observados	:	Actividad sísmica local anormal. Deformación del terreno. Aumento de las fumarolas. Ruidos subterráneos. Olores sulfurosos. Grietas nuevas en glaciares.
Erupción probable en	:	Meses o años.
Recomendaciones	:	Informar a las autoridades responsables. Actualizar planes de emergencia.

ESTADO DE ALERTA: II (AMARILLA)

Fenómenos observados	:	Incremento significativo de la sismicidad local, de la tasa de deformación. Pequeñas explosiones. Resplandores rojizos. Nuevas fumarolas.
Erupción probable en	:	Semanas o meses.
Recomendaciones	:	Verificar la preparación de personal y equipo en caso de una posible evacuación. Verificar existencia de materiales y suministros de ayuda.

ESTADO DE ALERTA: III (NARANJA)

Fenómenos observados	:	Sismos locales perceptibles. Explosiones moderadas. Crecidas súbitas. Avalanchas de nieve. Aumento de la temperatura de los esteros. Pequeños Derrames de lava.
Erupción probable en	:	Días o semanas.
Recomendaciones	:	Anuncio público de una posible emergencia y de las medidas correspondientes a ser tomadas para enfrentarla. Movilización de personal y equipo ante una posible evacuación. Medidas de protección temporales contra caída de ceniza.

ESTADO DE ALERTA: IV (ROJA)

Fenómenos observados	:	Enjambres de sismos de alta frecuencia y presencia de temblor bandeado. Aumento de la actividad eruptiva, explosiones.
Erupción probable en	:	Horas o días.
Recomendaciones	:	Evacuación de la población de las zonas de riesgo.

7.- MONITOREO VOLCANOLOGICO.

La mayoría de las erupciones vienen precedidas y están acompañadas por cambios geofísicos y/o geoquímicos en el estado del volcán. Algunos cambios son perceptibles a los habitantes de los alrededores. Sin embargo, la mayoría de los cambios son pequeños y sutiles pero pueden ser detectados y medidos con exactitud mediante técnicas e instrumentación existentes actualmente.

a) Técnicas de monitoreo moderno.

La técnica de monitoreo más ampliamente utilizada en la mitigación de los peligros volcánicos sigue siendo la presencia en el sitio de observadores capacitados, confiables y dedicados a su trabajo. Sin embargo, dado que el monitoreo instrumental tiene la capacidad de reconocer la capacidad precursora por debajo del umbral de detección humana, éste permite la detección más temprana posible de cualquier estado anómalo respecto al estado normal en el comportamiento del volcán. De tal manera, por ésta razón muy importante, adicionalmente a su capacidad de recoger rápidamente datos cuantitativos, el monitoreo instrumental constituye la base de moderna vigilancia de los volcanes.

Los métodos de **monitoreo sísmico** y de **deformación** son muy apropiados para medidas sistemáticas e interpretación diagnóstica de los modelos de comportamiento de la intranquilidad volcánica.

El monitoreo mínimo requerido dependerá de cada volcán en particular, y de los recursos científicos disponibles.

El siguiente listado de elementos de monitoreo, lo sugiere la Asociación Internacional de Vulcanología y Química del Interior de la Tierra (IAVCEI), modificado de una lista preparada por la Organización Mundial de Observatorios Vulcanológicos (WOVO):

- Mapeo geológico y otros estudios para definir las amenazas potenciales y mejorar el entendimiento sobre la actividad prehistórica.
- Una red Sismológica de cuatro estaciones, con telemetría y una alarma que suene en el caso de que la sismicidad sobrepase un umbral pre-establecido.
- Inclínómetros telemétricos de registro continuo a dos componentes (a distancias cercanas, medianas y lejanas) y estaciones inclinométrica adyacentes para verificar y calibrar cada inclínómetro.
- Un sistema de alarma para flujos de lodo (si existe el peligro potencial para que ocurran).
- Una red de EDM (Distanciómetro Electrónico).
- Repetición periódica de las medidas en las estaciones de las redes inclinométrica y EDM para establecer la estabilidad de los hitos y datos de línea de base.
- Observaciones periódicas de los cambios físicos en la vecindad del volcán (p.e. aparecimiento de nuevas fumarolas y/o cambios en áreas fumarólicas conocidas, fracturamiento del terreno y otras señales de inestabilidad, cambios inexplicables o daños en la vegetación).
- Recolección e interpretación de todas las fuentes de información, mapas y documentos sobre el comportamiento del volcán.
- Recolección de manuales y publicaciones sobre instrumentos, técnicas de monitoreo e historia de otros volcanes comparables.

b) Técnicas de observación básica con participación comunitaria.

Algunas señales fuertes de intranquilidad volcánica pueden ser detectadas por la gente que habita en o cerca al volcán. El mantener un cuidadoso registro de tales cambios detectables por los sentidos humanos puede ser denominado: **vigilancia por observación**. Ocasionalmente se ha reportado un comportamiento inusual en los animales en conexión a algunas erupciones; tales comportamientos anómalos se atribuyen generalmente al hecho que los animales responden a movimientos del terreno, sonidos u olores no detectados por los humanos.

Los cambios detectables por el sistema humano de los sentidos incluye:

- La ocurrencia de ruidos subterráneos, sismos y otras vibraciones sísmicas que son percibidas.
- Señales visibles de deformación, tales como la formación o ampliación de fracturas del terreno, el plegamiento o corrimiento del suelo y de otros depósitos superficiales, y un incremento en la ocurrencia de caídas de roca y deslizamientos del terreno, un «hinchamiento» de la cima o de los flancos del volcán.
- Incrementos o disminuciones en la tasa de volumen, ruido, color u olor de las emisiones de fumarolas y manantiales.
- Cambios en color, temperatura o contenido de sedimento en ríos, arroyos y lagos; fluctuaciones inusuales del nivel de agua en pozos.
- Pérdida inusual del color o muerte de la vegetación.

Estas señales de intranquilidad volcánica detectable por los sentidos humanos generalmente sólo constituyen indicadores cualitativos. Sin embargo, un monitoreo por observación llevado a cabo regular y diligentemente puede proporcionar información importante muy útil para el diseño y el despliegue de redes instrumentales de monitoreo. Adicionalmente, los datos de la vigilancia por observación pueden extender y complementar los datos del monitoreo instrumental.

8.- MICROZONIFICACION DE RIESGO VOLCANICO

La metodología AIDEP se aplica al en cada una de sus etapas. Como producto de esta metodología se generarán mapas de riesgo que mostrarán las amenazas existentes, los recursos con los que cuenta la comunidad para enfrentar estos riesgos y detallará las zonas más vulnerables.

Los mapas ya generados, servirán para elaborar un Plan de Gestión Integral en Protección Civil, que mostrará las acciones concretas que deben desarrollarse frente al fenómeno, disminuyendo así los efectos en la población, sus bienes, el medio ambiente; Aspectos fundamentales en la Planificación para el desarrollo.

Para la elaboración de estos mapas se deben tener presente algunos elementos relacionados a distancias de alcance y áreas posibles de ser afectadas por los productos volcánicos que constituyen amenazas.

Amenaza	distancia (Km)	área afectada (Km2)	nivel de Peligrosidad
Flujo lava	3-4	2	Bajo
Bombas	2-5	10	Medio
Caída Tefra	10-30	1000	Medio
Flujo piroclas.	5-10	10-20	Alto
Lahar	10-20	10-20	Alto
Sismicidad	50	5000	Bajo
Gases/lluvia ácid.	20-30	1000	Medio

La planificación determinará al final las medidas preventivas y de mitigación relacionadas al Riesgo Volcánico, considerando todos los elementos anteriormente mencionados.

9.- EJEMPLOS DE ERUPCIONES HISTORICAS

Se presentan dos ejemplos de erupciones importantes que han ocurridos en el país en los últimos 20 años - la erupción del volcán Lonquimay (1988-89) y la del volcán Hudson (1991) - sus principales características y el impacto provocado por efecto de los productos asociados a estas erupciones.

a)

ERUPCION DEL VOLCAN LONQUIMAY DE 1988-89

ANTECEDENTES GENERALES

El complejo volcánico Lonquimay se localiza en la Cordillera de Los Andes, en el límite de las Comunas de Curacautín y Lonquimay, Provincia de Malleco en la IX Región, a $38^{\circ} 22' S$ y $71^{\circ} 35' W$. Su cono principal tiene una altura de 2.865 m s.n.m., ubicado a 118 Km. al Noreste de la Ciudad de Temuco y a 35 Km. al Noreste de Curacautín, siendo las localidades pobladas mas cercanas; Malalcahuello (10 Km al Sur), Lonquimay (20 Km. al Sureste) y la Hacienda Lolco (28 Km. al Noreste).

Entre el 18 y el 25 de diciembre de 1988, se incrementó la actividad sísmica en el área que rodea al volcán Lonquimay y que afectó preferentemente a Malalcahuello, percibiéndose 92 sismos en tres días.

El día 25 de diciembre, a las 15:30 horas, comenzó la erupción a través de un pequeño cráter ubicado a 3,5 Kms., al Noreste de la cima del volcán. Una columna de gases y cenizas alcanzó los 5.000 mts. La erupción se situó sobre la fisura N $60^{\circ} E$, activa en 1887 - 89. Ese mismo día, una fisura de unos 400 mts. de largo se abrió en dirección al cono principal y a lo largo de ella otros tres cráteres entraron en erupción.

Desde aquí en adelante, la actividad eruptiva explosiva se concentró esencialmente en el cráter más occidental.

Sin lugar a dudas, a pesar del daño económico generado y su incidencia en las pequeñas comunidades indígenas, y sus precarias economías de subsistencia, este fenómeno, favorablemente no originó la muerte de personas. Probablemente esto no habría sido igual si se hubiese activado el cráter principal con su cima cubierta por un glaciar, la suerte de los habitantes de quebradas y valles no habría la misma.

Esta erupción tuvo fases estromboliana y vulcaniana.

LOS PRODUCTOS DEL VOLCAN Y SUS EFECTOS EN EL ENTORNO

Gases

En un radio de 6 Kms., en torno al cono Navidad, y dependiendo de la fuerza y dirección de los vientos la atmósfera presentó concentraciones variables de polvo volcánico en suspensión y gases (HCl, SO₂ y F). Los sectores con mayor concentración de partículas en suspensión correspondieron al curso superior del río Cautín, Cuesta Las Raíces, Valle del río Naranjo o Portales, Lonquimay y, ocasionalmente, Malalcahuello y Lolco. Las consecuencias en la población fueron irritaciones oculares y respiratorias y erosiones en la piel.

Cenizas

La caída de cenizas fue uno de los efectos más dañinos debido a su amplia dispersión y afectó principalmente a los suelos, vegetación y aguas corrientes, además de su carácter abrasivo y fuente contaminante (especialmente fluor), para la vida vegetal, humana y animal.

Lluvia ácida

Durante la erupción se observaron precipitaciones de lluvia ácida en áreas vecinas al volcán y en la cuesta Las Raices. Los chubascos generados eran de mediana intensidad pero con gruesos goterones cenicientos, la lluvia ocasionó quemaduras leves en la piel de las personas, generando manchas rojizas.

Flujo de lava

El avance del flujo de lava a lo largo del valle del río Lolco, destruyó el camino Malalcahuello - Lolco, en un tramo de 3,5 Kms., y obstruido 60 m. en el frente, a 2,5 Kms. del fundo Lolco. De igual modo, provocó el incendio de aproximadamente 5 hectáreas y la destrucción de otras 30 hectáreas de arbustos y bosques nativos en el margen occidental del valle, incluyendo la desaparición de un pequeño lago.

Contaminación de las aguas

Los ríos Cautín y Naranjo fueron los más afectados por la caída de cenizas, la cual otorgó turbidez a sus aguas y produjo leves aumentos en los contenidos de cloruros y sulfatos.

Efectos en los animales

La sobredosis de fluor en los pastos produjo intoxicación, provocando además alteración dentaria característica de fluorosis. Los animales presentaron además daños en el tracto digestivo a causa de la ingesta de pasto cubierto de cenizas volcánica.

b) ERUPCION DEL VOLCAN HUDSON DE 1991.

ANTECEDENTES GENERALES

El volcán Hudson, de 1.905 m s.n.m., se localiza en la Cordillera de los Andes, a los 45.90° S y 72.96° W., a 58 Km al SSW de Puerto Aysén y a 75 Km al SW de Coyhaique.

Después de un período de 20 años, este volcán inició un nuevo ciclo eruptivo el 8 de Agosto de 1991, aproximadamente a las 18:20 Hr. Debido a su ubicación remota, a nivel regional no se detectó actividad precursora. Sólo los pobladores que vivían a lo largo del valle Huemules, a 40 Km al W del volcán, percibieron actividad sísmica de baja intensidad, unas 3-4 horas antes de la primera explosión. En Coyhaique, sólo se tuvo conocimiento del inicio de la erupción por observación directa del hongo de cenizas.

El ciclo eruptivo comprendió, esencialmente, dos etapas explosivas violentas: la primera se desarrolló durante los días 8 y 9 de Agosto y la segunda tuvo lugar entre los días 12 y 15 de Agosto.

La primera etapa eruptiva dió lugar, además, a corrientes de lava y flujos escoriáceos (tipo flujo de lava y escombros). La columna alcanzó una altura de 12 Km, acompañada por espectaculares descargas eléctricas. Se generó una pluma de cenizas de dirección N 10° E, alcanzando hasta Puerto Montt (VEI=3). La erupción estuvo acompañada por contenidos gaseosos elevados de HF y HCL. Las principales localidades afectadas por la caída de ceniza fueron Puerto Chacabuco, Puerto Aysén, Puerto Cisnes, Puyuhuapi y Las Juntas. El sitio de la erupción correspondió a una fisura de 4 Km de longitud localizada en el borde WNW de la caldera y a un cráter con actividad freatomagmática.

Entre ambas erupciones, el día 11 de Agosto se produjo un aluvión volcánico o lahar, que descendió por el valle del río Huemules hasta el mar, debido a su fusión de parte del glaciar que ocupa el interior de la caldera.

La segunda etapa explosiva ocurrió entre el 12 y 15 de Agosto y la columna alcanzó 18 Km de altura, generando una extensa pluma hacia el SE, compuesta de lapilli y ceniza pumicea, la cual se propagó hasta las Islas Malvinas (1.200 Km de distancia), el día 15 de Agosto (VEI=4). Las localidades seriamente dañadas por la precipitación de pómez fueron: Bahía Murta, Villa Cerro Castillo, Puerto Ibáñez y Chile Chico, además de embancamientos de ríos y lagos de la zona. El sitio de la erupción correspondió a un cráter de 800 m de diámetro ubicado 4,5 Km hacia el SE, en el interior de la caldera.

El 11 de Octubre, un segundo lahar, más voluminoso que el anterior, se encauzó a lo largo del valle Huemules, desviándose hacia el SSW por el valle Cupquelán, alcanzando Bahía Erasmo a 45 Km del volcán.

Esta erupción fue del tipo Pliniana.

EFECTOS DE LA ERUPCION

1. Sector Silvoagropecuario

El área crítica afectada por éste fenómeno alcanzó las 750.000 hectáreas, las que incluyeron límites vegetacionales, aguas, bosques y suelos ganadero-forestal.

La depositación de ceniza en los suelos agrícolas alcanzó aproximadamente los 5 cm., afectando el desarrollo de aquellos cultivos que habían sido establecidos a esa fecha perdiéndose la totalidad de la producción.

Los sectores de uso ganadero con igual altura de ceniza a la anterior, presentaron alguna disponibilidad de forraje, los cuales, según análisis exhaustivos y sistemáticos realizados en la zona indicaron la presencia de altos contenidos de fluor que en caso de ingestión continua por parte de los animales, presentaron problemas de osteofluorosis y consiguiente mortalidad.

CUADRO EFECTOS DE LA ERUPCION

SUELO (ha)			GANADO			
COMUNA	AGRICOLA	GANADERO	FORESTAL	BOVINO	OVINO	EQUINO
CHILE CHICO	900	43882	136500	5672	55681	1347
RIO IBÁÑEZ	334	112591	73500	10554	46818	1296
TOTAL	1234	156473	210000	16226	102497	2643
% AFECTADO	100	83	100	70	89	87

2. Sector Educación

El efecto que ha provocado la erupción del volcán Hudson en el sector educacional, en infraestructura propiamente tal, se ha circunscrito a la zona de Villa Cerro Castillo y de Chile Chico, viéndose afectado el Liceo Municipal B-3 de esta última localidad. Este establecimiento sufrió daños en la techumbre, pisos, vigas, etc. y en las instalaciones eléctricas y sanitarias, ascendiendo a 350 metros.

Lo anterior provocó la suspensión de las actividades educacionales hasta el 10 de Octubre, trayendo como consecuencia la migración voluntaria e involuntaria de 287 alumnos.

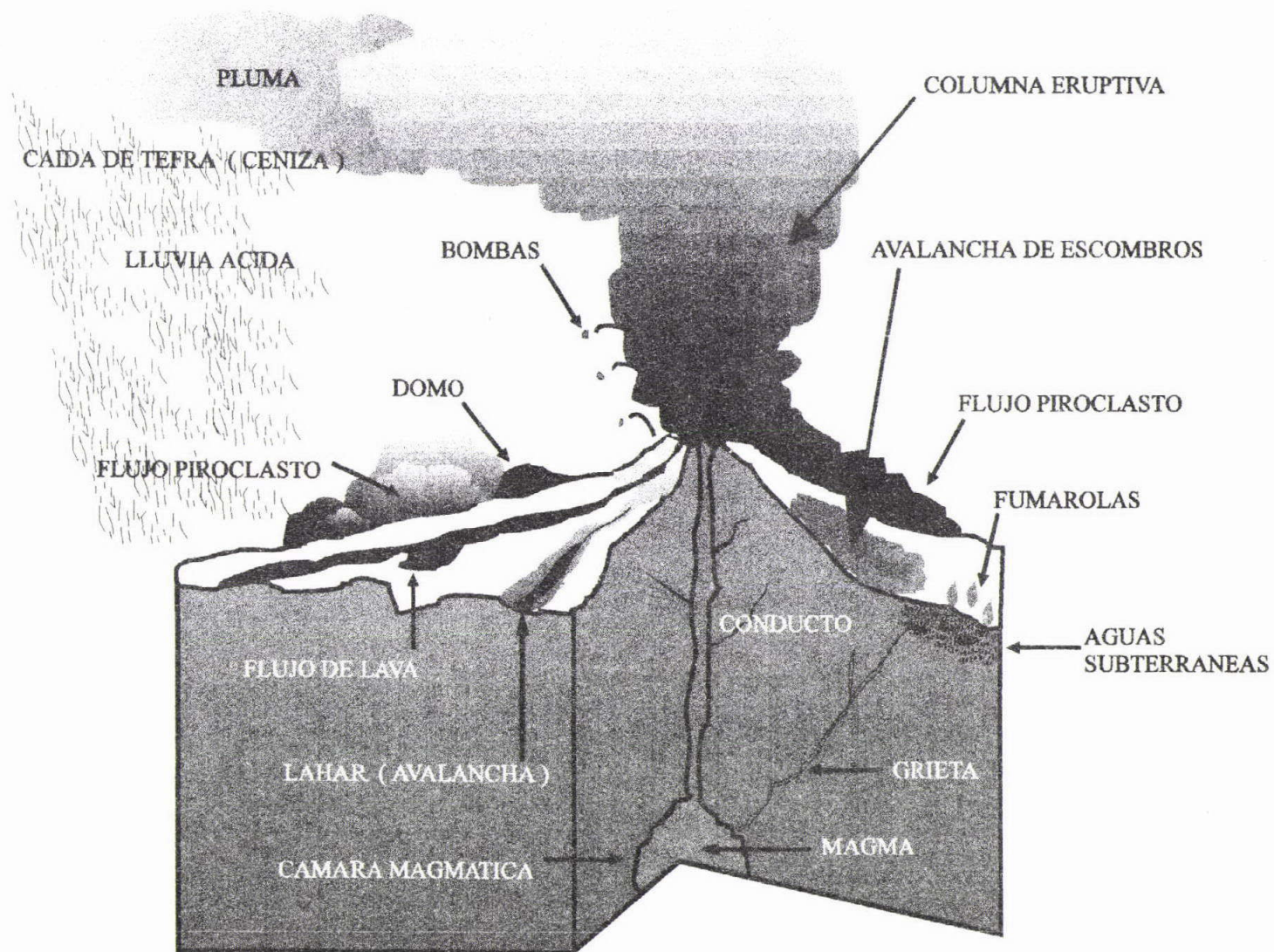
En la Escuela E-37 de Cerro Castillo se vieron afectadas las instalaciones de servicios básicos, techumbre y piso. Esta situación fue provocada por efectos de los productos eruptivo y por haber sido utilizada como albergue, no contando con las instalaciones adecuadas para dicha finalidad.

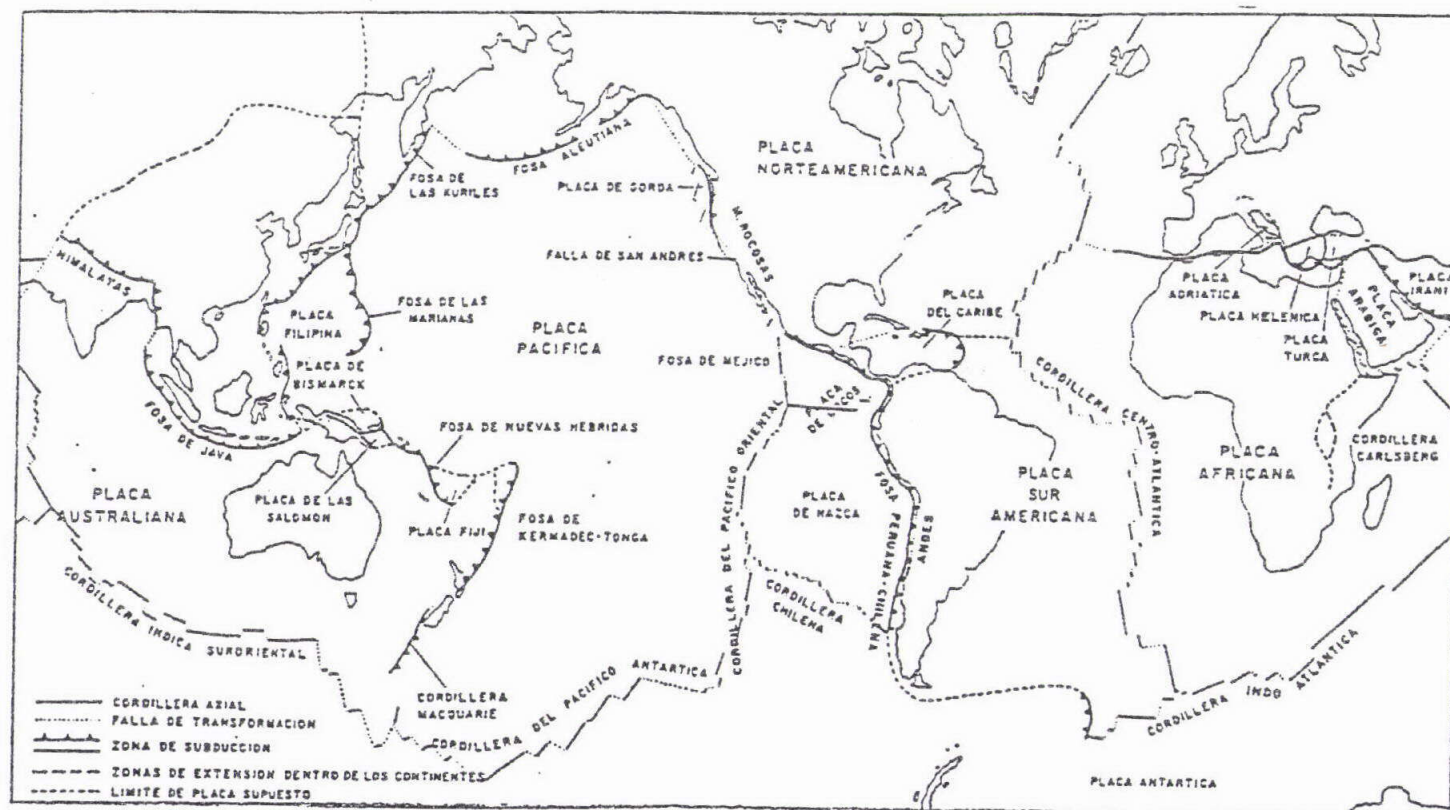
3. Sector Vivienda y Urbanismo

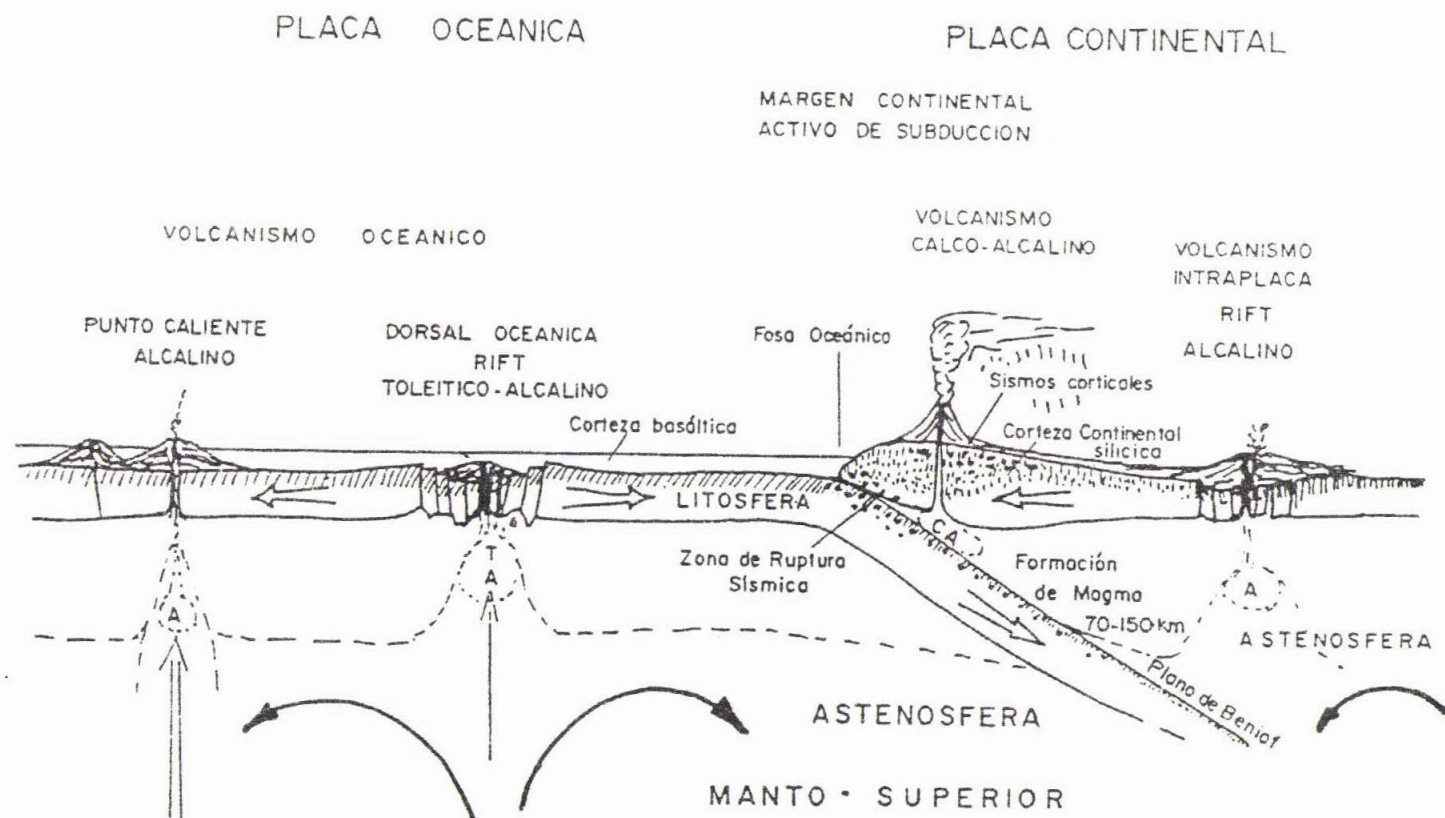
Las viviendas existentes no sufrieron daños directamente, pero debido a la gran cantidad de arena y ceniza volcánica en suspensión se agudizó al problema de las viviendas en mal estado, haciéndose inhabitables. Dentro del total de viviendas dañadas se identificaron casos de viviendas con deterioro crítico, que fue necesario reponer y con deterioro leve, la mayoría, que fue necesario reparar.

4. Sector Pesca

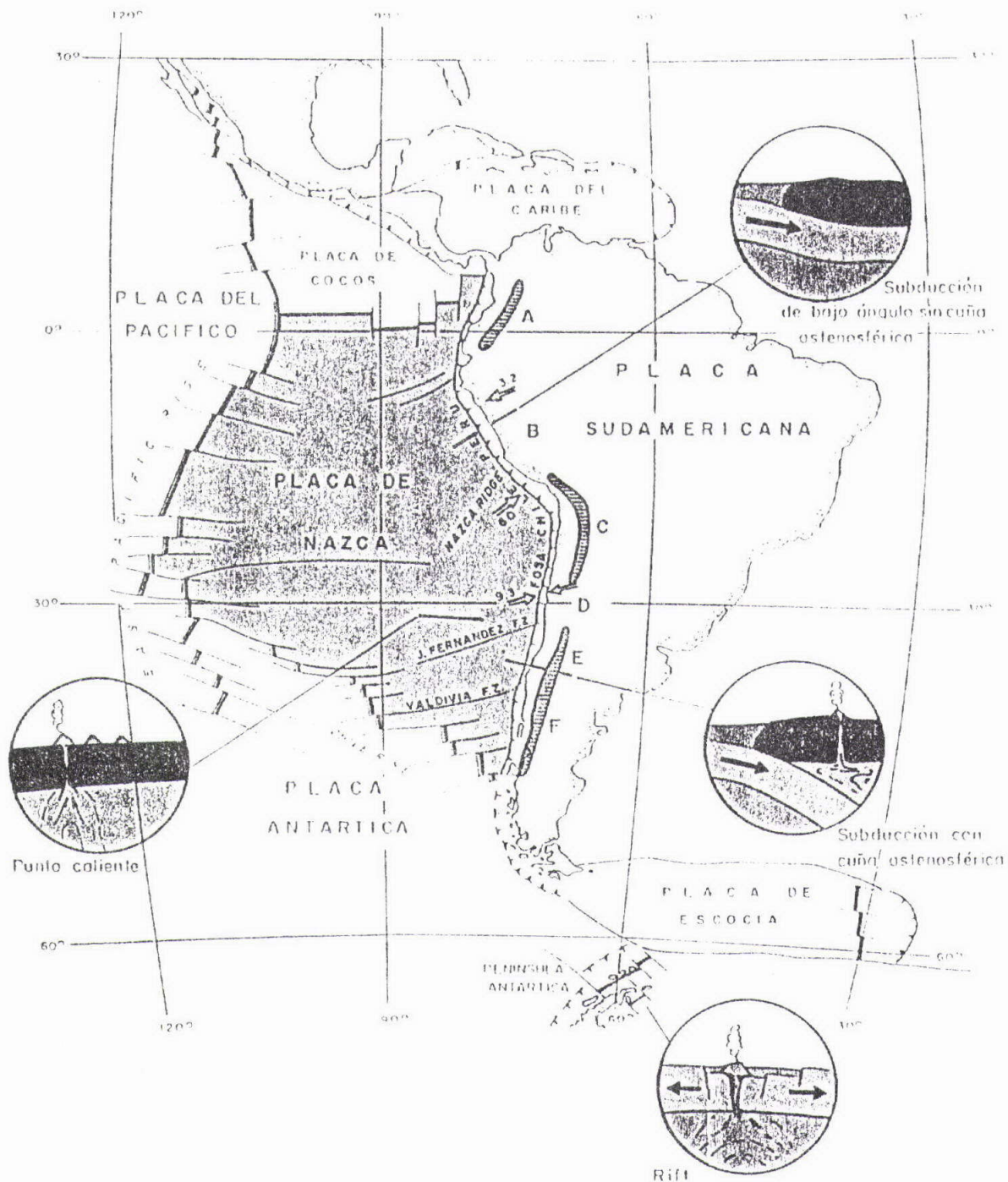
En general, esta erupción provocó algunas alteraciones en las actividades de Salmonicultura, afectando principalmente las áreas de desove y alevinaje de salmonídeos estimándose una pérdida de unos 5.000.000 de ovas, además la formación de costra de sedimento sobre el lecho de los ríos impidiendo la anidación de la trucha arcoiris, cuya temporada de desove se encontraba en su etapa inicial.







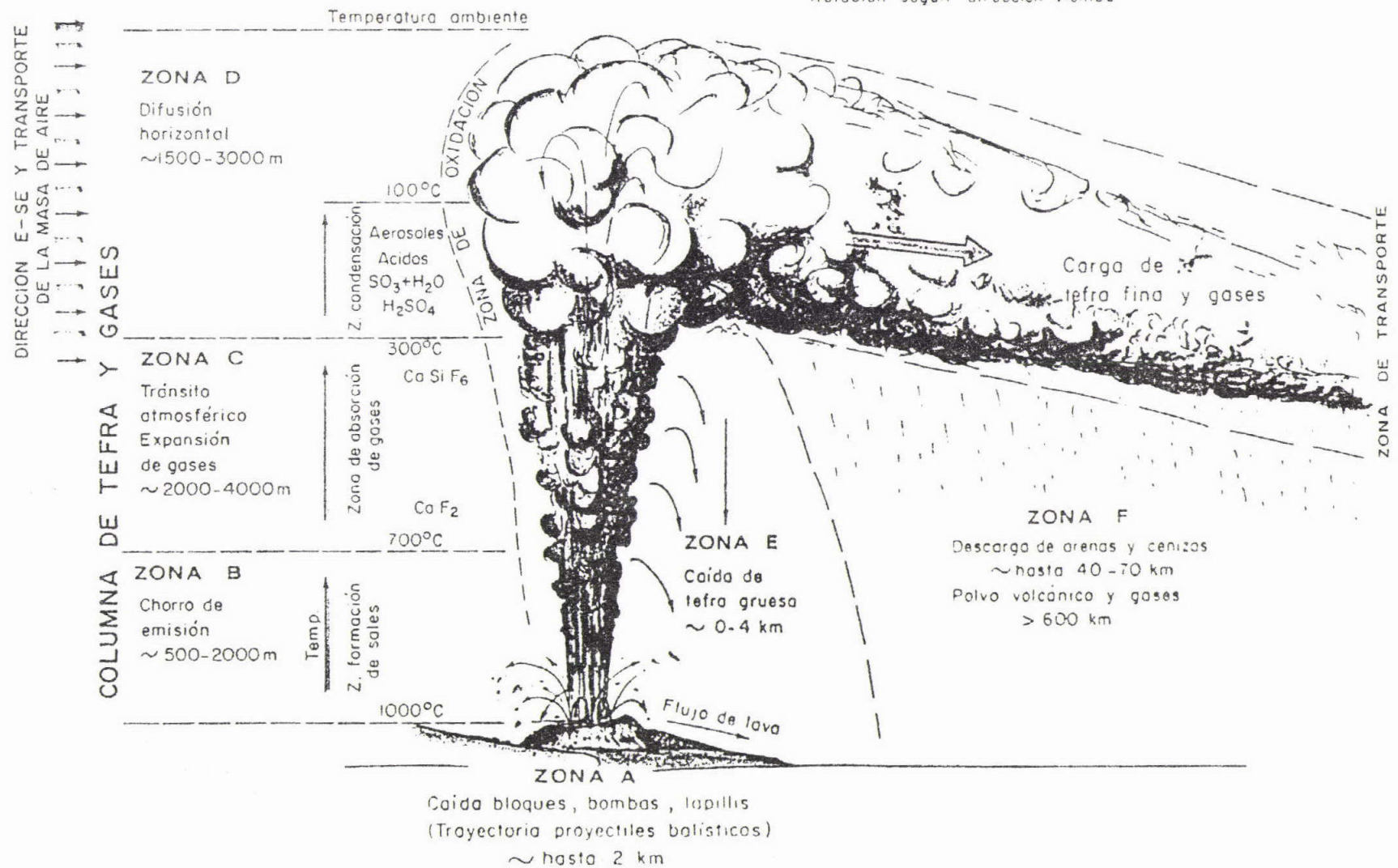
Esquema geodinámico de las placas-litostéricas, indicando las zonas de generación de magmas (T) Toleíticas; (A) Alcalinas y (CA) Calco-alcalinas, así como el marco tectónico que controla los distintos tipos de volcanismo, de Subducción, de Rift y de Puntos Calientes.



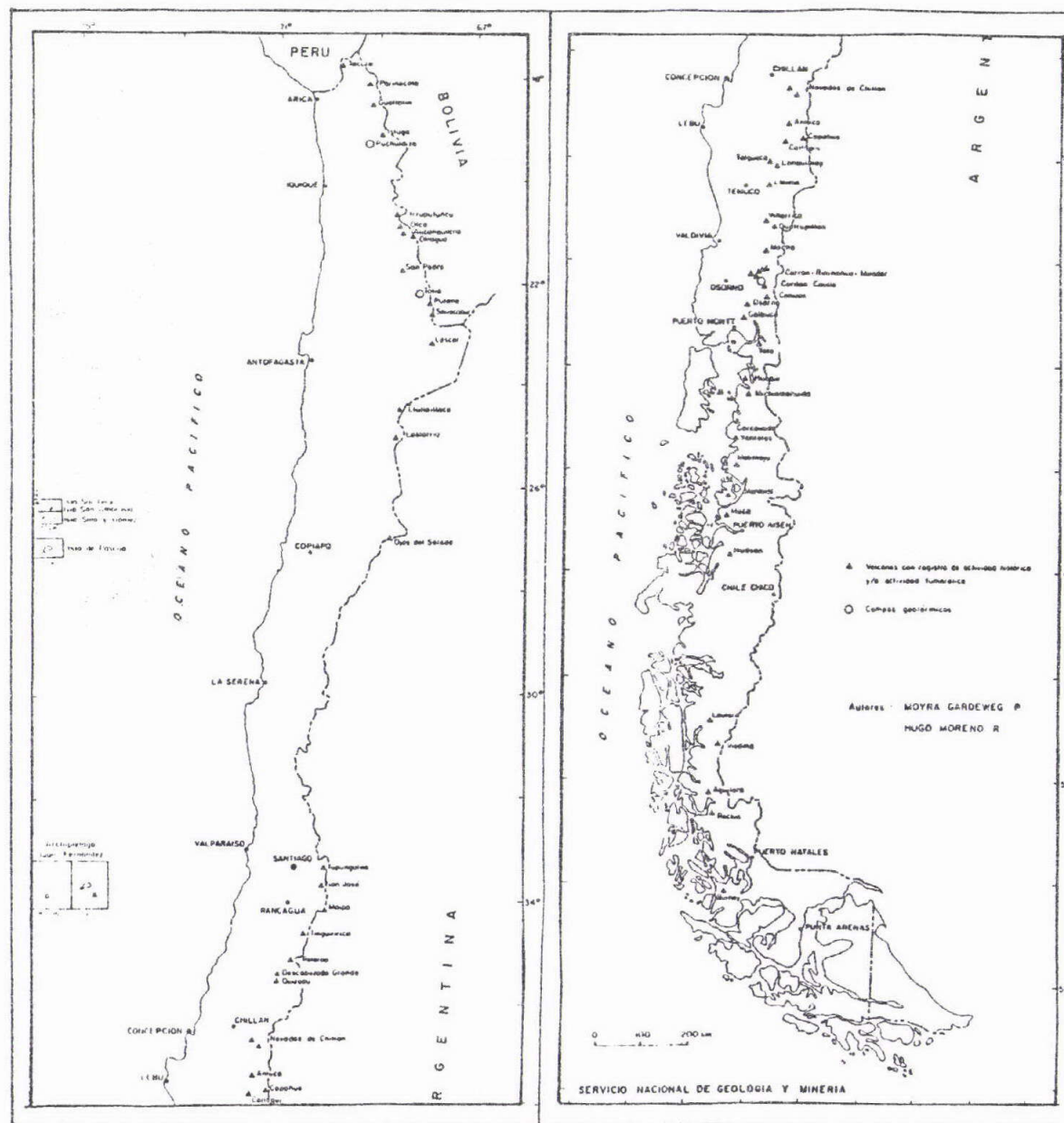
Mapa de los diferentes ambientes tectónico-volcánicos que controlan la actividad eruptiva a lo largo del margen de subducción de la placa de Nazca en Sudamérica y en el sistema de Rift de la Antártica y puntos calientes en el Océano Pacífico.

PLUMA DE DISPERSION

Rotación según dirección vientos



VOLCANES ACTIVOS DE CHILE



[illegible]

00061

Riesgo...

DATE	ISSUED TO

Riesgo...

00001

GAYLORD S