

363.3495
O3ri
2a.ed

ONE 0211
c.4

REPÚBLICA DE CHILE
MINISTERIO DEL INTERIOR
OFICINA NACIONAL DE EMERGENCIA
DEPARTAMENTO DE PROTECCIÓN CIVIL

c.4

REPÚBLICA DE CHILE - MINISTERIO DEL INTERIOR
OFICINA NACIONAL DE EMERGENCIA
BIBLIOTECA
CENTRO NACIONAL DE DOCUMENTACIÓN
PROTECCIÓN CIVIL

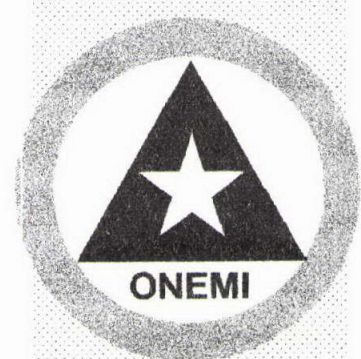


RIESGO VOLCANICO

575

363.3495
O3ri
2a.ed
c.4

Nivel 2



Módulo Medio
Programa de Formación Profesional en Protección Civil

Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior
Segunda Edición- Agosto 1998

294

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, estimándose 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" (Fig. 1) 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, el proceso de Subducción (Fig. 2), corresponde a la interacción entre la **Placa Sudamericana y la Placa de Nazca**.

PROPOSITO

Proporcionar conocimientos y métodos que permitan integrar el riesgo volcánico al proceso de Planificación Integral de Protección Civil.

OBJETIVOS

- Conocer las características generales del fenómeno volcánico
- Identificar y caracterizar las amenazas y las vulnerabilidades frente a los productos de un proceso eruptivo.
- Identificar elementos para hacer un mapa de Microzonificación del Riesgo Volcánico.
- Incorporar el Ciclo Metodológico para el Manejo del Riesgo, al análisis del Riesgo Volcánico.

A. 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 activa 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 marino 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 la 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** asciende a través de las fracturas de la corteza terrestre, expulsando material piroclástico, flujos y gases.

En Chile se ha reconocido la existencia de los siguientes marcos tectónicos (Fig. 2 y 3), 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.

Procesos (funcionamiento):

El volcanismo, específicamente, significa la extrusión de materiales magmáticos. Es decir, la salida muchas veces violenta de magma y que 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 acumulado 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 1000 metros.
- **Estrombolianas:** Estas erupciones pueden o no presentar coladas de lava, pero sí eyección de piroclastos tipo escoria. Producen columnas eruptivas de 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).

EFFECTOS

La caída de piroclastos constituye la amenaza directa de mayor alcance derivado de erupciones volcánicas.

Los efectos principales de las caídas de cenizas son:

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

En cuanto a los sismos de origen volcánico, en general son someros, de magnitud pequeña a moderada (menor de 5 Richter), y raras veces causan daños en sitios alejados del volcán.

Respecto de los flujos de lavas, pueden ocasionar daños parciales o la destrucción total por enterramiento, trituración o incendio, de todo lo que encuentran a su paso. Adicionalmente, los incendios causados por flujos de lava pueden afectar áreas alejadas de los límites del flujo mismo.

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

El gas volcánico más abundante es el vapor de agua; otros gases importantes incluyen el dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxido 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 es más denso que el aire.

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 pueden ascender paredes en la parte exterior de curvas y sobrepasar barreras topográficas, pudiendo 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.

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.

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. 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.

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.

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 biósfera y a los materiales metálicos. Además, alteran drásticamente las aguas superficiales y la composición de los suelos.

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, dado que pueden alcanzar enormes volúmenes que se deslizan y mueven con mucha rapidez, arrasando y sepultando lo que encuentran a su paso.

Una erupción volcánica puede también producir tsunamis, que 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. Decenas de tsunamis históricos de origen volcánico han causado numerosas muertes y grandes daños a la propiedad a lo largo de playas marinas y lacustres, aún a grandes distancias de las erupciones.

B. VARIABLES DE AMENAZAS Y VULNERABILIDADES

La actividad volcánica presenta una amplia gama de eventos eruptivos que pueden presentar amenazas directas e indirectas de distinta magnitud, como asimismo orientarnos en cuán vulnerables somos frente a este fenómeno.

El Riesgo Volcánico está dado por tres ámbitos claramente definidos.

- a) La presencia de la actividad volcánica propiamente tal.
- b) Los efectos secundarios del proceso eruptivo.
- c) La población, infraestructura, equipamiento y obras civiles, desarrolladas alrededor del volcán.

Frente a estos tres ámbitos se pueden reconocer variables descriptivas de amenazas y vulnerabilidades, las cuales permiten visualizar la interrelación existente entre ellas, como se detalla a continuación:

1.- Ambito geofísico:

- Actividad sísmica
- Movimiento de magma
- Formación de geofracturas
- Flujos de lava
- Flujos de piroclastos (rocas y cenizas)
- Emisión de gases y lluvias ácidas
- Lahares, avalanchas y deslizamientos
- Explosiones y Tsunamis

Cada una de estas variables va generando efectos multiplicativos al interrelacionarse unas con otras, como por ejemplo, las explosiones que emiten piroclastos (rocas y cenizas), gases, flujos de lavas, los cuales a su vez pueden formar lahares y crecidas de ríos, mediante el derretimiento de la nieve y el hielo.

2.- Uso del territorio

- Localización de asentamientos humanos
- Infraestructura y obras públicas
- Tipo de construcción de viviendas
- Uso económico del territorio
- Tipo de poblamiento del territorio:
 - Concentrados
 - Disgregados
 - Estacional

Estas variables son de carácter "artificial", ya que son creadas y generadas por el Hombre con la finalidad de ocupar un territorio y hacer uso de él. De la forma de estructurar y vivir en el lugar y de la percepción cultural que la persona tenga de los peligros a que está expuesta, será el nivel de vulnerabilidad que desarrolle en dicho lugar.

3.- Formas de organización de la comunidad

- Nivel de gestión administrativa
- Nivel sociocultural de la población
- Grado de conocimiento de las amenazas y vulnerabilidades
- Existencia de planes de emergencia
- Coordinación conjunta de la comunidad

La población siempre será el factor más relevante en cuanto a determinar (consciente e inconscientemente) los riesgos que está dispuesta a asumir, y más aún, si esta comunidad desarrolla su vida alrededor de un volcán activo. El incorporar la amenaza de la actividad volcánica a la organización socio-administrativa de una comunidad, expresándola en una planificación adecuada a su realidad, será un aspecto fundamental para reducir sus vulnerabilidades y por ende el riesgo volcánico.

DETECCION DE LA AMENAZA VOLCANICA

Un fenómeno de la magnitud y violencia de una erupción volcánica no ocurre súbitamente, sino que es la manifestación final de un proceso que se ha estado dando por un largo período de tiempo dentro de la corteza terrestre, correspondiendo al ascenso del magma a la superficie.

Los fenómenos más importantes son:

1. Fenómenos Físicos:

Antes de las erupciones se han percibido 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 cono volcánico.
Cambios en la pendiente del suelo cerca del volcán.

2. Fenómenos Hidrotermales:

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

3. Cambios Químicos:

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

IDENTIFICACION DE VULNERABILIDADES

Conociendo las diferentes manifestaciones de la actividad volcánica, se puede desprender que ellas afectan tanto puntual como arealmente a cualquier zona ubicada en los alrededores de un volcán. Vale decir, que un lugar puede ser seguro para un tipo de amenazas y vulnerable a otro tipo de amenazas, teniendo éstas un mismo origen y causa, como por ejemplo, un lugar puede ser seguro para un flujo lahárico, pero vulnerable a la caída de piroclastos (rocas y cenizas).

Parámetros de vulnerabilidad.

- Zonas de pendientes, valles y laderas
- Cursos de ríos
- Zonas de dirección fija de vientos
- Areas de flujos y depósitos históricos
- Tipo y diseño de la viviendas
- Densidad y distribución de la población
- Nivel de equipamiento e infraestructura de servicios
- Densidad de la red vial
- Diversidad de la economía local

C. EL FENOMENO VOLCANICO EN EL CICLO PARA EL MANEJO DEL RIESGO

1. PREVENCIÓN:

a) Prevención (Supresión):

- Reubicación de asentamientos humanos

b) Mitigación:

Se dan algunas sugerencias de medidas que se pueden tomar para aminorar o reducir los efectos de los diversos eventos destructivos que acompañan a las erupciones volcánicas.

Algunas medidas de mitigación son:

- Construcción de viviendas, cuyos techos deben tener inclinación suficiente para facilitar el escurrimiento de la ceniza.
- Mantener stock de máscaras.
- Habilitación de caminos seguros para la comunicación y/o evacuación.

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

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 son tales, 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.

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

c) Preparación:

Una buena planificación y organización para enfrentar una emergencia volcánica, redundara directamente en la protección a las personas y sus bienes, reduciendo de esta manera las vulnerabilidades y por ende los riesgos. Para ello, Naciones Unidas, en el documento "Manejo de Emergencias Volcánicas", recomienda lo siguiente:

- En cualquier comunidad expuesta a la amenaza volcánica hay una consciencia general del riesgo para la vida y los bienes, así como el deseo de una participación colectiva para reducirlo.
- 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 la asistencia para los evacuados.
- Que el conocimiento científico de los volcanes potencialmente peligrosos sea lo suficientemente avanzado para que permita elaborar "escenarios" de las erupciones posibles, de sus efectos destructivos y de las consecuencias económicas y sociales.
- 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.
- Que si las consideraciones anteriores se han tomado en cuenta, se prepare un plan de emergencia para cada volcán potencialmente peligroso.

d) Alerta:

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 pudiendo ser detectados y medidos con exactitud mediante técnicas e instrumentación existentes actualmente.

(Ver anexo I: ESTADOS DE ALERTA)

Alarma:

Para lahares, es necesario crear sistemas de alarmas efectivas, 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.

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 actividad precursora por debajo del umbral de detección humana, permite la detección más temprana de cualquier estado anómalo respecto al estado normal en el comportamiento del volcán. Adicionalmente a su capacidad de recoger rápidamente datos cuantitativos, el monitoreo instrumental constituye la base de la 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 inclinométricas adyacentes para verificar y calibrar cada inclínómetro.
- Un sistema de alarma para flujos de lodo (si existe el peligro potencial)
- 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. aparición de nuevas fumarolas y/o cambios en áreas fumarólicas conocidas, fractura 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.

Técnicas de observación básica con participación comunitaria.

Algunas señales fuertes de intranquilidad volcánica pueden ser detectadas por la gente que habita en o cerca del 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 asociados 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 incluyen:

- 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 y fluctuaciones inusuales del nivel de agua en pozos.
- Pérdida inusual del color o muerte de la vegetación.

Estas señales de intranquilidad volcánica detectables 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.

2. RESPUESTA

Está referida a la ayuda de emergencia, asistencia, y evacuación, si es necesaria, rescate, etc. Para ello debe existir un programa que contenga al menos los siguientes elementos:

- Identificación y cartografía de las zonas amenazadas por los efectos históricos producidos por el volcán, como el 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 y zonas de seguridad.
- 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 y alarmas.
- Formulación y comunicación al público de las alertas, medios de comunicación en emergencias.

3.- RECUPERACION

La actividad volcánica genera siempre, por sí sola, una transformación de los lugares aledaños; es así que después de una manifestación eruptiva, ésta refleja claramente en las áreas de carácter natural y también en las áreas pobladas, lo que implica actuar en rehabilitación y reconstrucción de sectores vitales tanto para el sistema natural como social.

a) Rehabilitación

Las erupciones volcánicas afectan principalmente a los sistemas de transporte y habitabilidad de los lugares, para los cuales se emprenden acciones de:

- Habilitación de los suministros de servicios básicos
- Habilitación de puentes
- Reparación de caminos
- Dragado de cauces de ríos
- Remoción de cenizas en techumbres
- Limpieza de los lugares habitables

b) Reconstrucción

Conociendo los efectos de las erupciones volcánicas, se puede ir adecuando las estructuras para que cada vez respondan más eficientemente a este tipo de fenómenos; es así como la etapa de reconstrucción se convierte en una oportunidad para la comunidad en el sentido de implementar acciones de prevención, tales como:

- Normas y diseño de construcción de viviendas apropiadas.
- Relocalización de puentes en zonas seguras.
- Relocalización de asentamientos poblacionales en zonas seguras.
- Readecuación de los Planos Reguladores Comunales.

D. EL FENOMENO VOLCANICO EN EL PROCESO DE MICROZONIFICACION

La metodología **AIDEP** se aplica al Riesgo Volcánico en cada una de sus etapas. Como producto de esta metodología se generarán mapas o planos de riesgo volcánico que mostrarán las amenazas a las que se está expuesto (Fig. 7), las vulnerabilidades existentes (Fig. 8) y los recursos con que cuenta la comunidad para enfrentar estos riesgos. Puede ser parte del mapa general de riesgos de la localidad, o sólo estar referido al riesgo volcánico.

Los mapas así generados (Fig 9), servirán para elaborar un Plan Integral en Protección Civil, que permitirá desarrollar acciones concretas en todas las etapas del Ciclo para el Manejo del Riesgo, disminuyendo así los efectos de la actividad volcánica en la población, posibilitando un desarrollo local más estable y por ende asegurando la calidad de vida de la comunidad.

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

Amenaza	Distancia (Km.)	Area afectada (Km2)	Grado de riesgo
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 ácida	20-30	1000	Medio

La planificación determinará las medidas preventivas y de mitigación relativas al Riesgo Volcánico, considerando todos los elementos anteriores mencionados.

REFERENCIAS

González-Ferrán O; 1995 Volcanes de Chile

Instituto de Investigaciones Agropecuarias (INIA), 1985, Suelos Volcánicos de Chile.

UNDRO/UNESCO, 1987, Manejo de emergencias volcánicas.

Moreno H., 1974; Airplane Flight Over Active Volcanoes of Central-South Chile.

Naranjo J.A; Moreno H; Banks N. 1993; La Erupción del volcán Hudson en 1991 (46°S), Región XI; Aisén, Chile.

ONEMI, 1996, Marco Conceptual en Protección Civil

Revista Geofísica del Instituto Panamericano de Geografía e Historia, N° 31, 1989.

Revista Geológica de Chile Vol. 16, N° 1. 1989.

ANEXO 1

ESTADOS DE ALERTA

Los distintos Estados de Alerta recomendados por Naciones Unidas, se detallan 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 el 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 y de la tasa de deformación. Pequeñas explosiones. Resplandores rojizos. Nuevas fumarolas. Erupciones probables 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 tremor bandeado. Aumento de la actividad eruptiva, explosiones.

Erupción probable en:

Horas o días.

Recomendaciones:

Evacuación de la población de las zonas de riesgo.

ANEXO 2

CONCEPTOS BASICOS DEFINICIONES

1. MAGMA: mezcla líquida, sólida y gaseosa de silicatos, generada por fusión de rocas que se encuentran en el interior de la Tierra entre los 20 a 300 Km. de profundidad.

2.LAVA: corresponde al magma que aflora a la superficie y escurre por ésta, que al enfriarse se convierte en roca sólida, conocida como roca volcánica.

3. FUMAROLA: penacho de humo de color blanco sobre el cráter, en que predomina el vapor de agua. Si además, emite gases sulfurosos amarillentos, se llama actividad sulfatérica.

4. CRATER: orificio del volcán por el que el magma es expulsado al exterior.

5.PLACA TECTONICA: segmento relativamente grande y rígido de la litósfera que incluye la corteza y la parte superior del manto, que se desplaza sobre la astenósfera, moviéndose en relación a las placas adyacentes. La superficie de la Tierra está dividida en unas 17 placas mayores.

6.- FALLA GEOLOGICA: zona de fractura en el material de la corteza a lo largo de la cual dos bloques adyacentes han sufrido una dislocación o un desplazamiento relativo paralelo a la falla; el plano de falla puede ser vertical u oblicuo y la dislocación total puede ser de centímetros a metros.

7. PIROCLASTO O TEFRA: fragmento de roca volcánica, fundido o sólido, que es lanzado a la atmósfera desde un conducto volcánico, durante erupciones explosivas. Según el tamaño se distinguen: ceniza (menor de 2 mm.), lapilli (entre 2 y 64 mm) y bombas o bloques (mayores de 64 mm).

8. LAHAR: conocido también como aluvión volcánico, mezcla de escombros rocosos, movilizados por agua, que fluye rápidamente, y se origina en las pendientes de los volcanes.

9. FLUJO PIROCLASTICO: flujo de material volcánico caliente, mezclado con variadas proporciones de gas, pero con una alta concentración de partículas. Se compone principalmente de material volcánico juvenil (nuevo), vesiculado o denso, de variados tamaños. Se forma por la fragmentación de magma durante una erupción explosiva y se desplaza lateralmente, comúnmente a altas velocidades, controlado por gravedad.

10. ERUPCION FREATOMAGMATICA: explosión rica en vapor, que involucra la desintegración y erupción en forma de piroclastos de magma juvenil (nuevo) y de otras rocas.

11. COLUMNA ERUPTIVA: masa ascendente compuesta de vapor de agua, otros gases, ceniza y otros materiales piroclásticos, emitida desde un centro volcánico durante una erupción explosiva.

12. PLUMA: ceniza y gases volcánicos dispersados por el viento a partir de una columna de emisión. Puede alcanzar longitudes de centenares a miles de kilómetros.

ANEXO 3

CARACTERISTICAS GENERALES DEL VOLCANISMO EN CHILE.

Para visualizar mejor las características de los volcanes chilenos (Fig.5), se pueden dividir 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 del 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.

Predominan las erupciones de los tipos vulcaniano y pliniano.

b) **VOLCANES DEL CENTRO Y SUR.**

En este sector se encuentran los volcanes más activos del 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 logitudinal 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 depósito lahático sobre el cual fue construida la ciudad tiene hasta 70 cm de espesor.

Predominan erupciones de los tipos estromboliano , vulcaniano y pliniano.

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 zonas pobladas (Huequi, Aguilera, Lautaro, Burney).

Predominan erupciones del tipo vulcaniano.

d) VOLCANES INSULARES.

Todas las islas chilenas del Pacífico son volcánica . Erupciones submarinas se han registrado cerca de Juan Fernández, 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.

Predominan erupciones de los tipos vulcaniano y vulcaniano submarino.

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

EJEMPLOS DE ERUPCIONES HISTORICAS

Se presentan dos ejemplos de erupciones importantes que han ocurrido en el país en los últimos 20 años - la erupción del volcán Lonquimay (1988-89) y 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 más 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 el 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, denominado Cráter Navidad (Fig.6).

Sin lugar a dudas, a pesar del daño económico generado y su insidencia en las pequeñas comunidades indígenas, y sus precarias economías de subsistencia, este fenómeno, favorablemente, no originó la muerte de personas. Probablemente 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 sido la misma.

Esta erupción tuvo fases estromboliana y vulcaniana.

Los productos del volcán y sus efectos en el entorno:

Gases

En un radio de 6 Km., 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, SO_2 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 Raíces. Los chubascos generados eran de mediana intensidad pero con gruesos goterones cenicientos, ocasionando quemaduras leves en la piel de las personas, y 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 obstruyó 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 originó turbidez en 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 volcánicas.

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 dio 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 ceniza 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 la fusión de parte del glaciario 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 las precipitaciones de pómez fueron Bahía Murta, Villa Cerro Castillo, Puerto Ibañez 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 pliniano.

Efectos de la erupción

1. Sector Silvoagropecuario

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

La despositación 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.

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.

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 efecto de los productos eruptivos 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 impidió la anidación de la trucha arcoiris, cuya temporada de desove se encontraba en su etapa inicial.

TECTONICA DE PLACAS

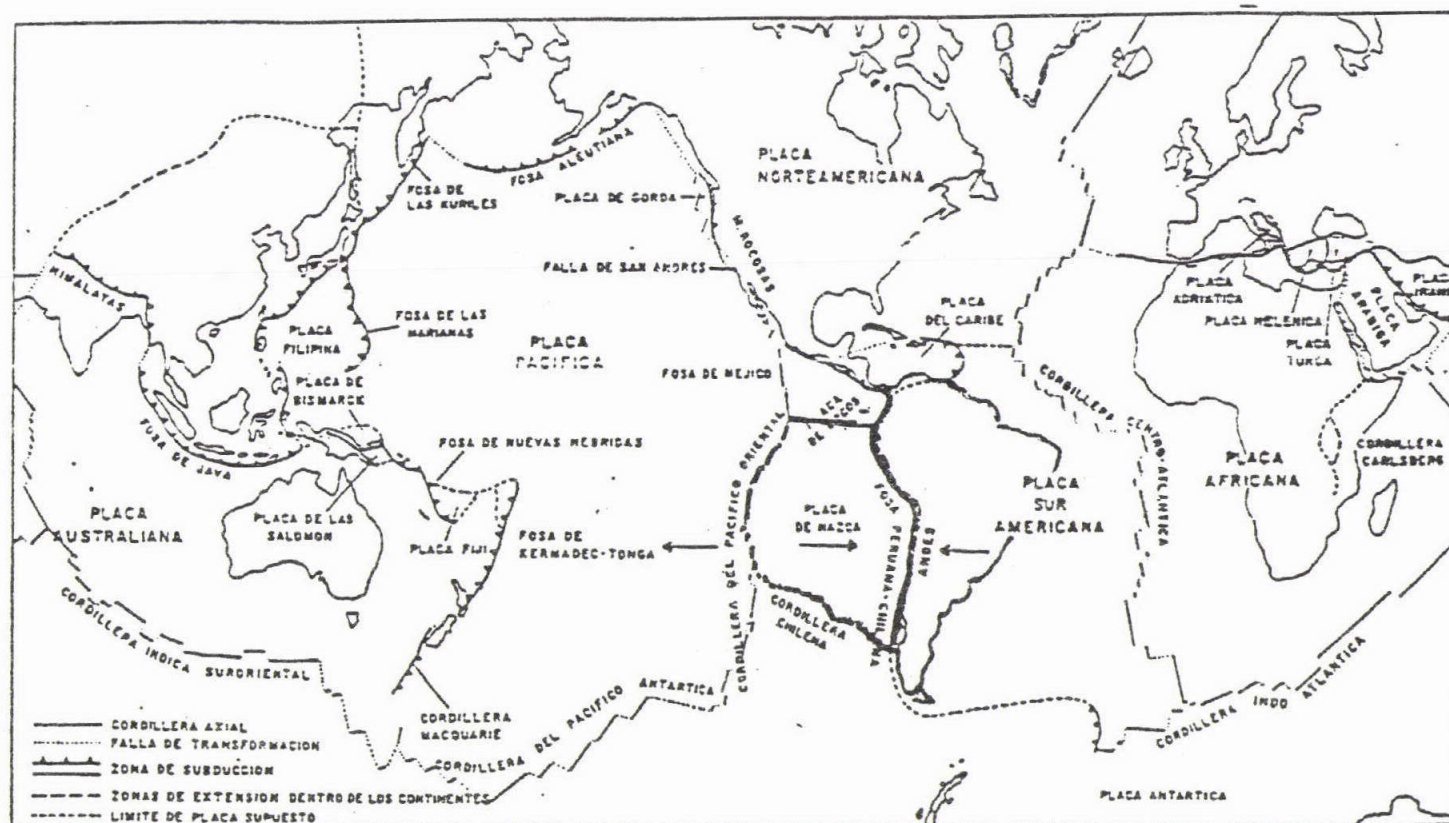
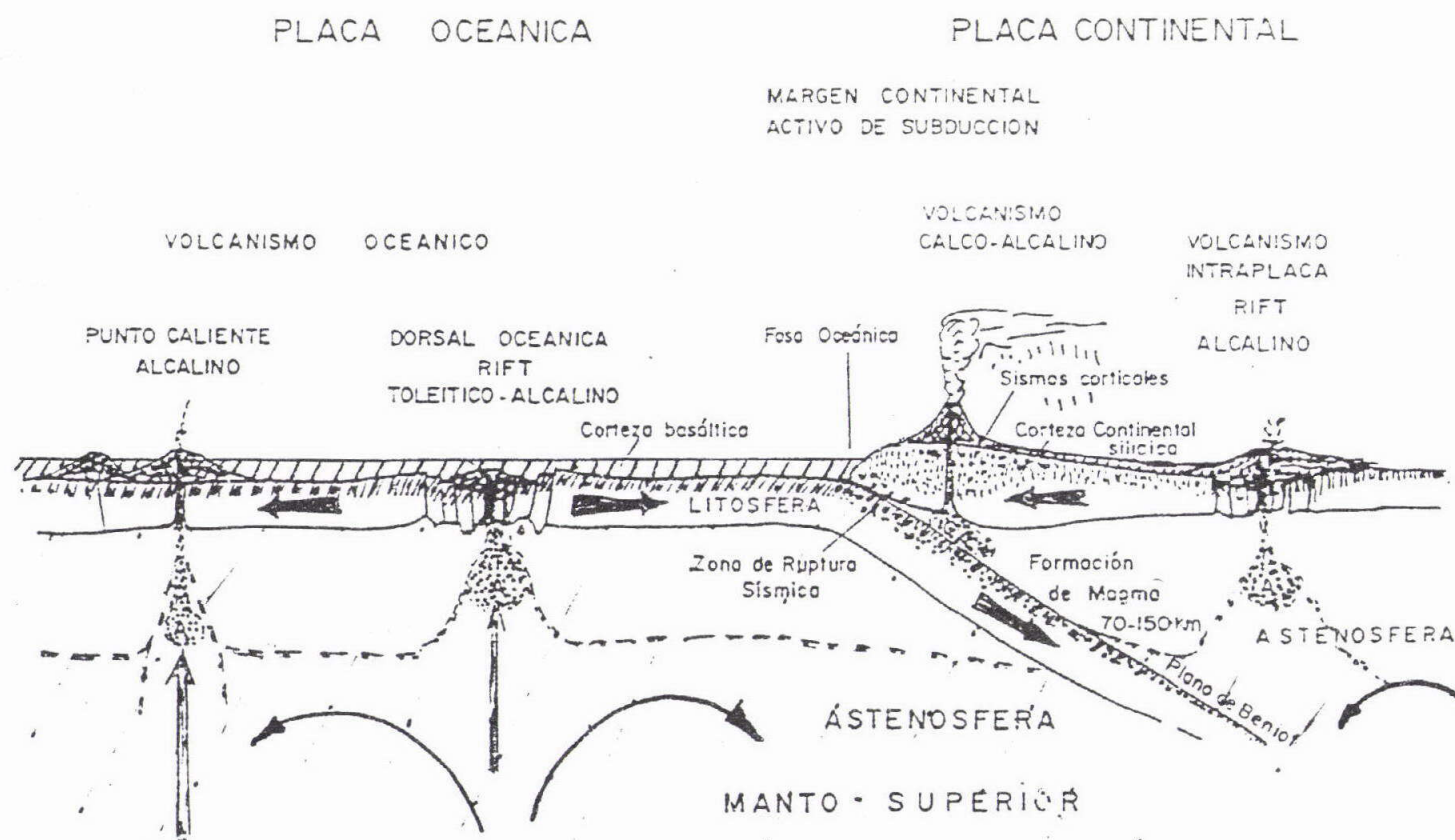
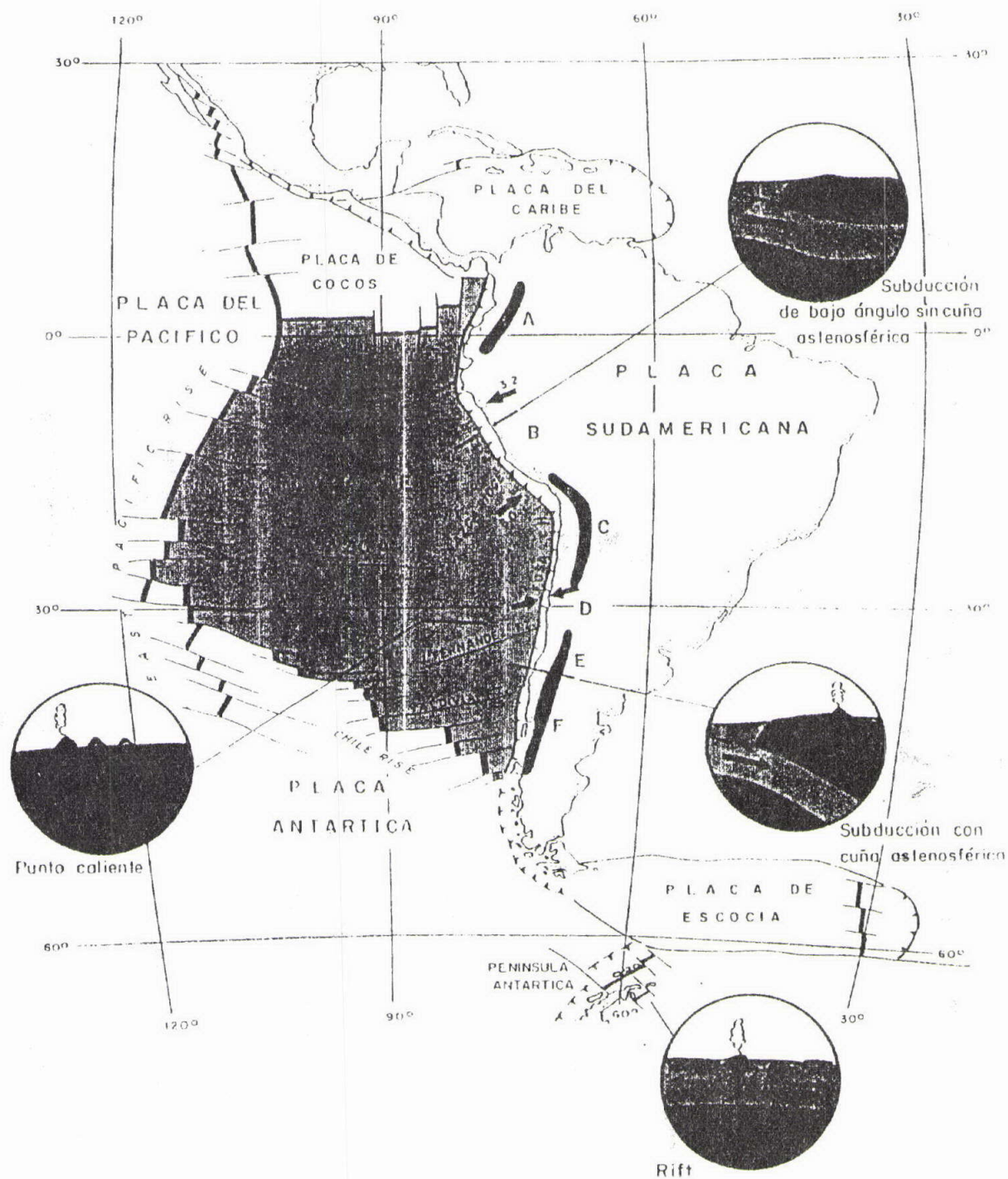


FIG. 1



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.

FIG. 2 (VOLCANES DE CHILE. OSCAR GONZALEZ-FERRAN)



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.

FIG. 3 (VOLCANES DE CHILE. OSCAR GONZALEZ-FERRAN)

ACTIVIDAD VOLCANICA

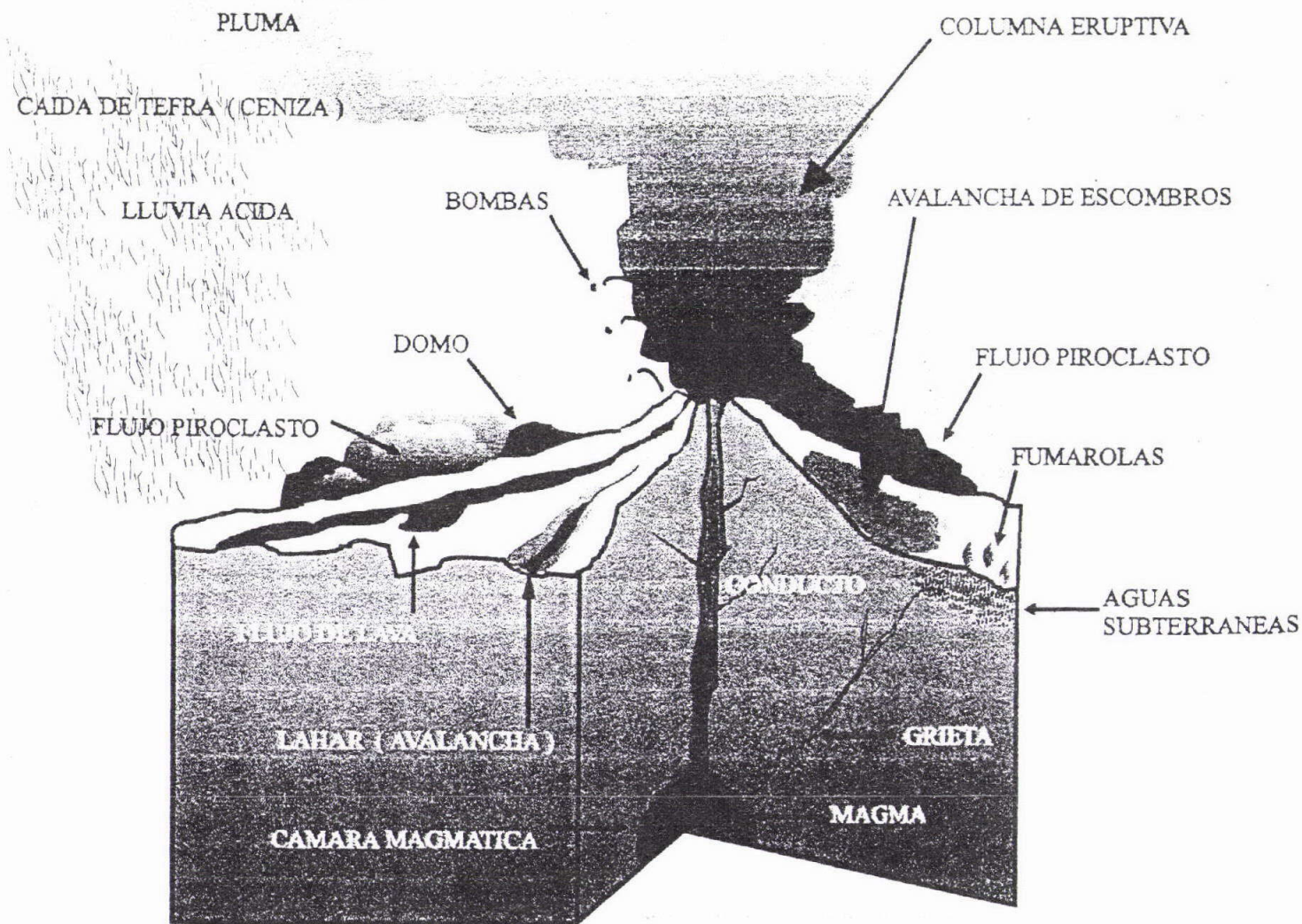


FIG. 4

VOLCANES ACTIVOS DE CHILE

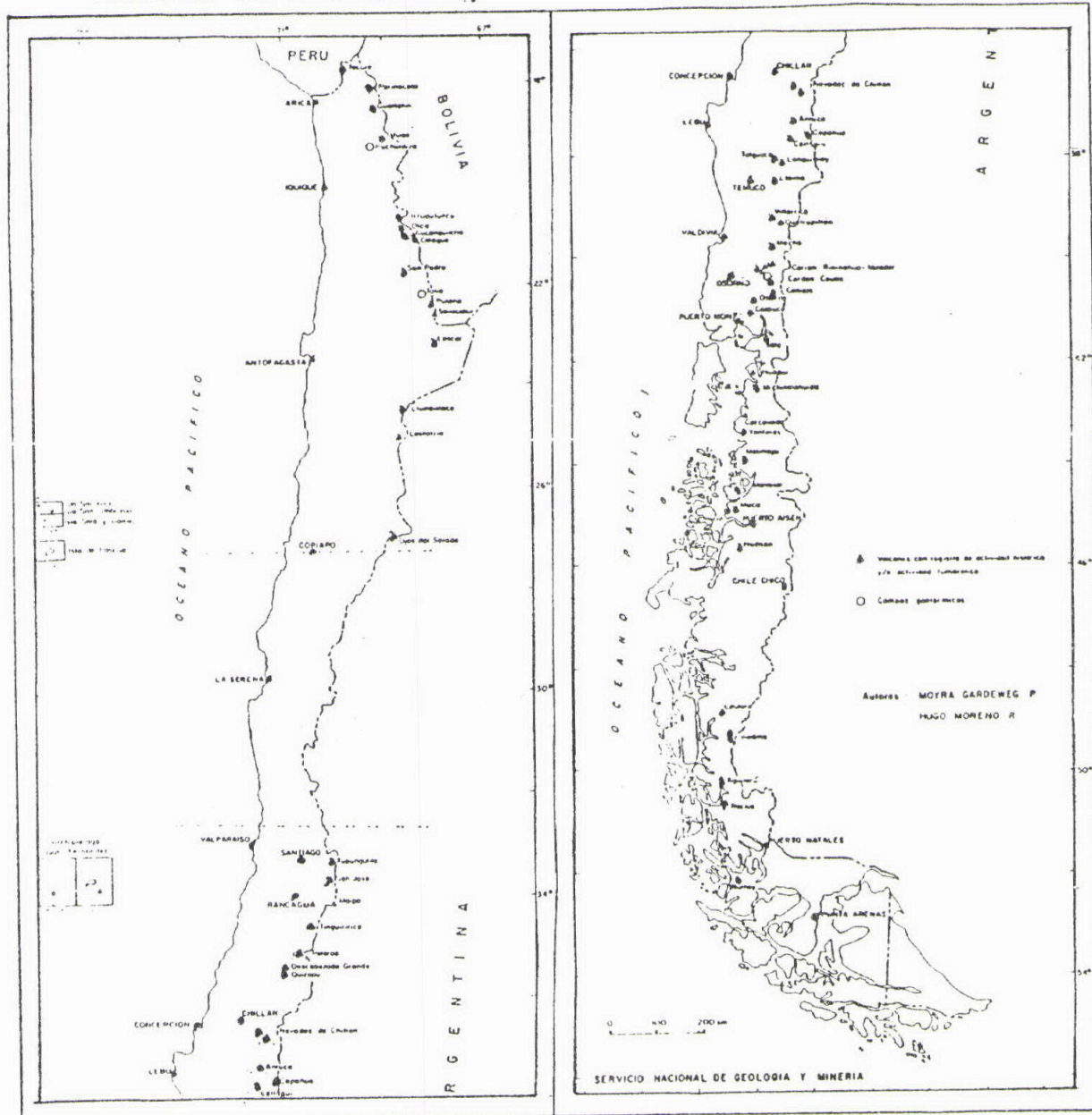


FIG. 5 (M. GARDEWEG, H. MORENO)

VOLCAN LONQUIMAY. ERUPCION 1988-89

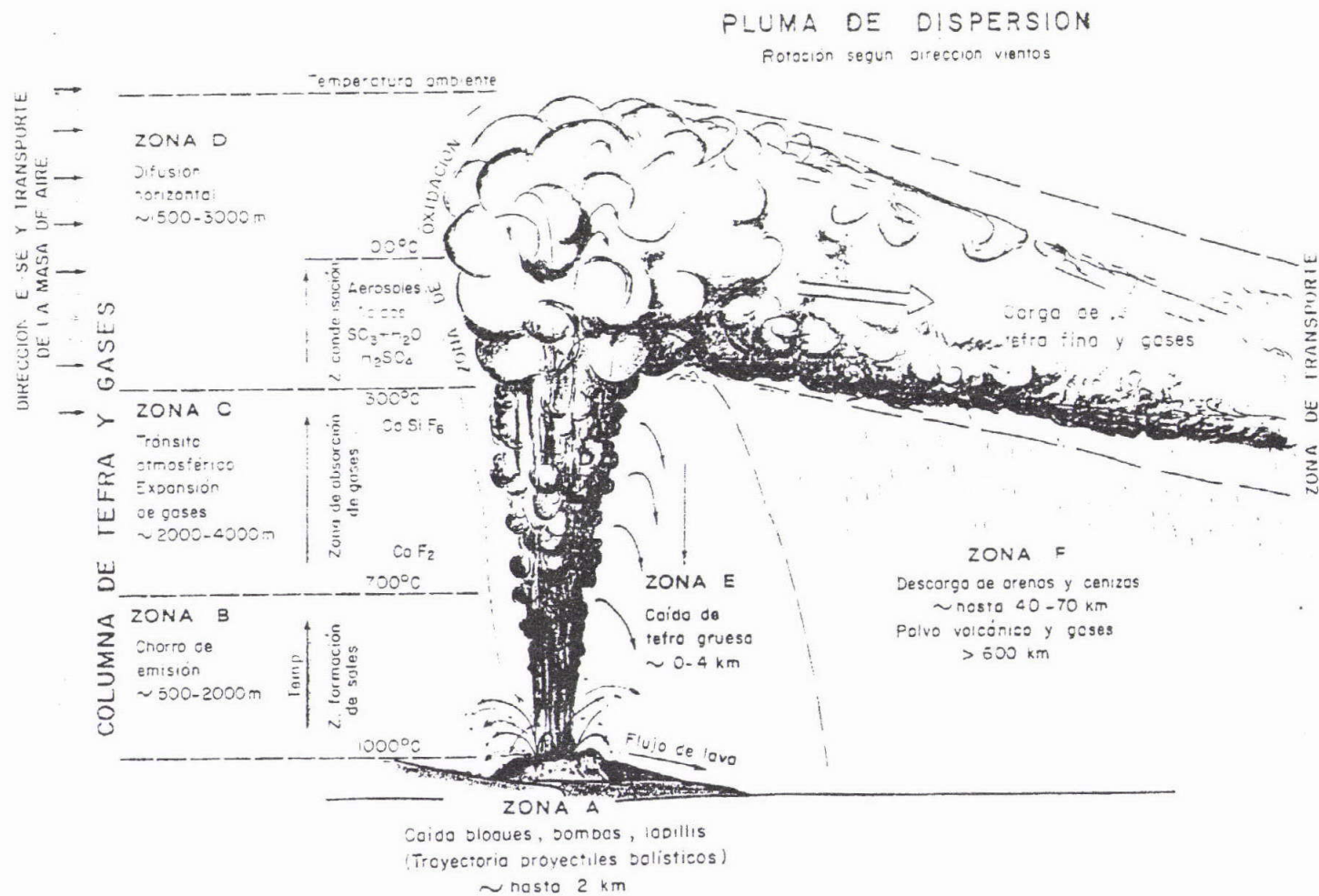
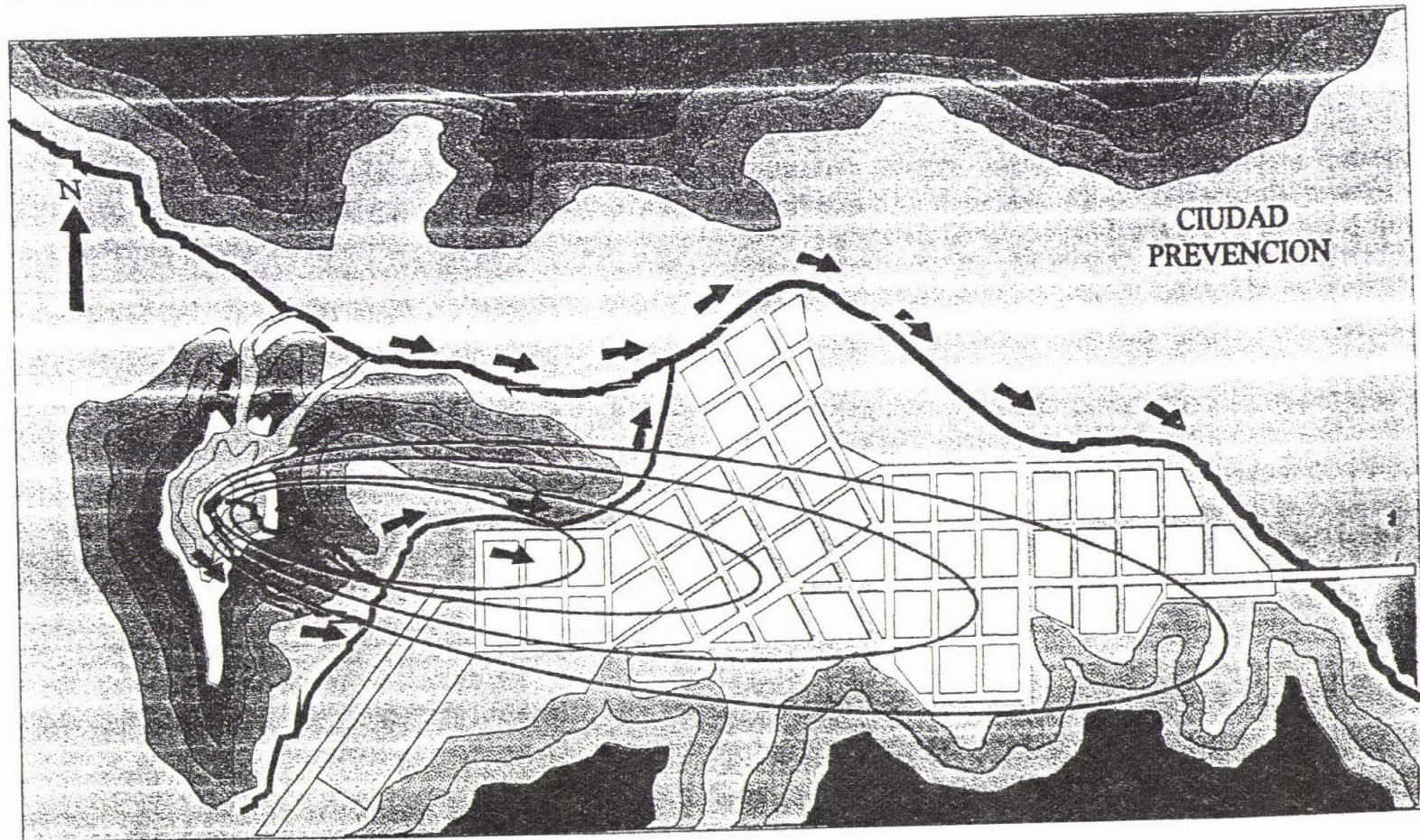


FIG. 6 (VOLCANES DE CHILE. OSCAR GONZALEZ-FERRAN)

MICROZONIFICACION VOLCANICA

AMENAZAS



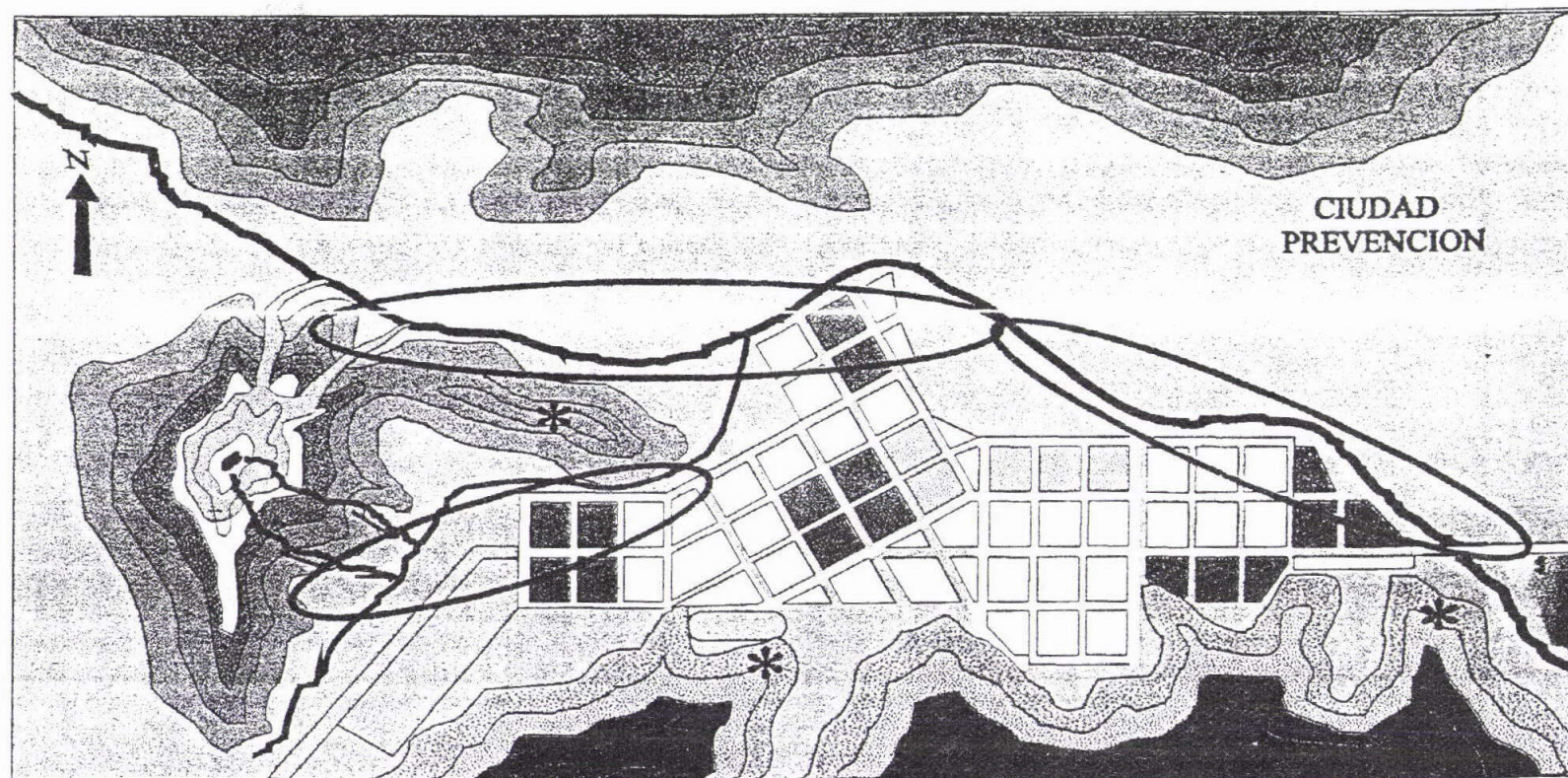
SIMBOLOGIA

- ➔ FLUJO LAHARICO
- ~~~~~ FLUJO DE LAVAS
- ⊙ FLUJO DE PIROCLASTOS

FIG. 7

MICROZONIFICACION VOLCANICA

VULNERABILIDADES



SIMBOLOGIA

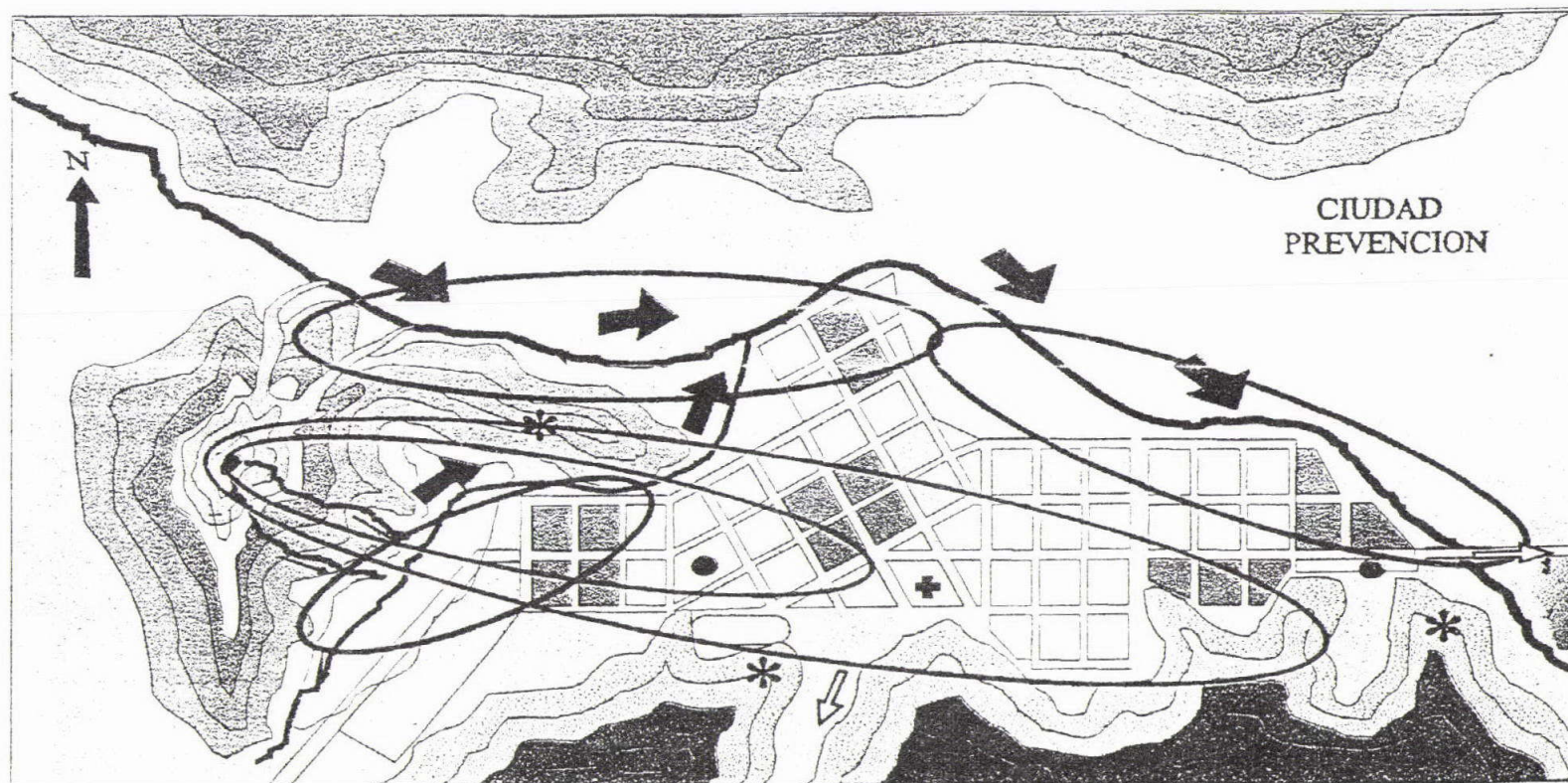
-  TIPO DE CONSTRUCCION
-  ZONAS DE ALTA DENSIDAD POBLACIONAL
-  ZONAS DE MAYOR DETERIORO
-  TORRES ELECTRICAS / COMUNICACIONES
-  PUENTE

-  FLUJO DE PIROCLASTOS
-  ZONAS DE INUNDACION POR LAHAR

FIG. 8

MICROZONIFICACION VOLCANICA

DE RIESGOS Y RECURSOS



SIMBOLOGIA

- TIPO DE CONSTRUCCION
- ZONAS DE ALTA DENSIDAD POBLACIONAL
- ZONAS DE MAYOR DETERIORO
- TORRES ELECTRICAS / COMUNICACIONES
- PUENTE
- FLUJO LAHARICO
- FLUJO DE LAVAS

- FLUJO DE PIROCLASTOS
- ZONAS DE INUNDACION POR LAHAR
- SUELOS INESTABLES
- VIAS DE EVACUACION
- MAQUINARIA VIALIDAD
- CARABINEROS
- BOMBEROS
- HOSPITAL

FIG. 9

DATE DUE

[illegible]

GAYLORD No. 2333

363.3495
O3ri
2a.ed
c.4

575

DATE	ISSUED TO

363.3496
O3r
2a.ed
c.4

575

GAYLORD S.

REPUBLICA DE CHILE - MINISTERIO DEL INTERIOR
OFICINA NACIONAL DE EMERGENCIA
BIBLIOTECA
CENTRO NACIONAL DE DOCUMENTACION
PROTECCION CIVIL

575