

5-12 ZONIFICACION DE RIESGOS NATURALES EN CHILE

Hugo Henríquez A.  
Ricardo Latchan 1853-0  
Santiago

RESUMEN

El presente trabajo estructura una zonificación de riesgos naturales en Chile, los cuales son: Terremotos, maremotos, erupciones volcánicas, deslizamientos, avalanchas de hielo y nieve, aluviones e inundaciones. Estos tienen origen geotectónico y climático, agravados por una fuerte topografía.

Propone para el análisis, diagnóstico, delimitación, control y mitigación, contar con un banco de datos a nivel nacional y por la gran ocurrencia y magnitud de los desastres, la elaboración en forma sistemática de cartas geotécnicas de suelos y riesgos naturales como información básica para la planificación del desarrollo del país.

ABSTRACT

This paper shows a natural risks zoning in Chile, which are: Earthquakes, tidal waves, volcanic eruptions, slippings, ice and snow avalanches, alluviums and inundations. These risk are originated by the tectonic and climatic processes, increased by an abrupt relief.

To the analysis, diagnostic, delimitation, control and mitigation of theses risk and considering the great occurrence of disasters, here it is proposed the creation of a national data file; and the systematic elaboration of soils geotecnic and natural risk maps, which is the basic information to plan the country development.

## 1.- INTRODUCCION

El presente trabajo da a conocer una zonificación de Riesgos Naturales en Chile, indicando las causas principales que los originan, las cuales son de índole geotectónica y climática, agravadas por una fuerte topografía. A continuación se exponen los antecedentes básicos que permiten una mejor comprensión de los factores que condicionan dichos riesgos en Chile.

### 1.1. Morfología

Chile ocupa el borde suroeste de América del Sur, entre los 17° 30' y los 53° de latitud sur y entre los 66° 30' y los 75° 40' de longitud oeste. La longitud del área continental entre el límite con Perú y el Cabo de Hornos es aproximadamente 4 200 km y en su parte más ancha es sólo del orden de 360 km.

El relieve del país es montañoso y muy accidentado. Morfológicamente está caracterizado por tres rasgos orográficos fundamentales en sentido norte-sur. En primer término se tiene la Cordillera de los Andes que ocupa el borde este, con alturas máximas sobre 6 000 m s.n.m., el extremo norte es más alto decreciendo paulatinamente hacia el sur y es el único rasgo continuo a lo largo de todo el territorio. El borde oeste del país está constituido por la Cordillera de la Costa, la cual es más baja que la de los Andes, alcanzando hasta 2 300 m s.n.m. en el extremo norte del país, decrece progresivamente hasta hundirse y a partir de los 42° S, sólo algunos remanentes de ella aparecen como islas y archipiélagos (Fig. 1). Entre estas dos Cordilleras, se desarrolla la tercera unidad orográfica denominada Depresión Intermedia, que constituye el único relieve relativamente plano, es un rasgo discontinuo, por la aparición de estribaciones montañosas de dirección este-oeste que unen las dos grandes cordilleras constituyendo incluso una zona de

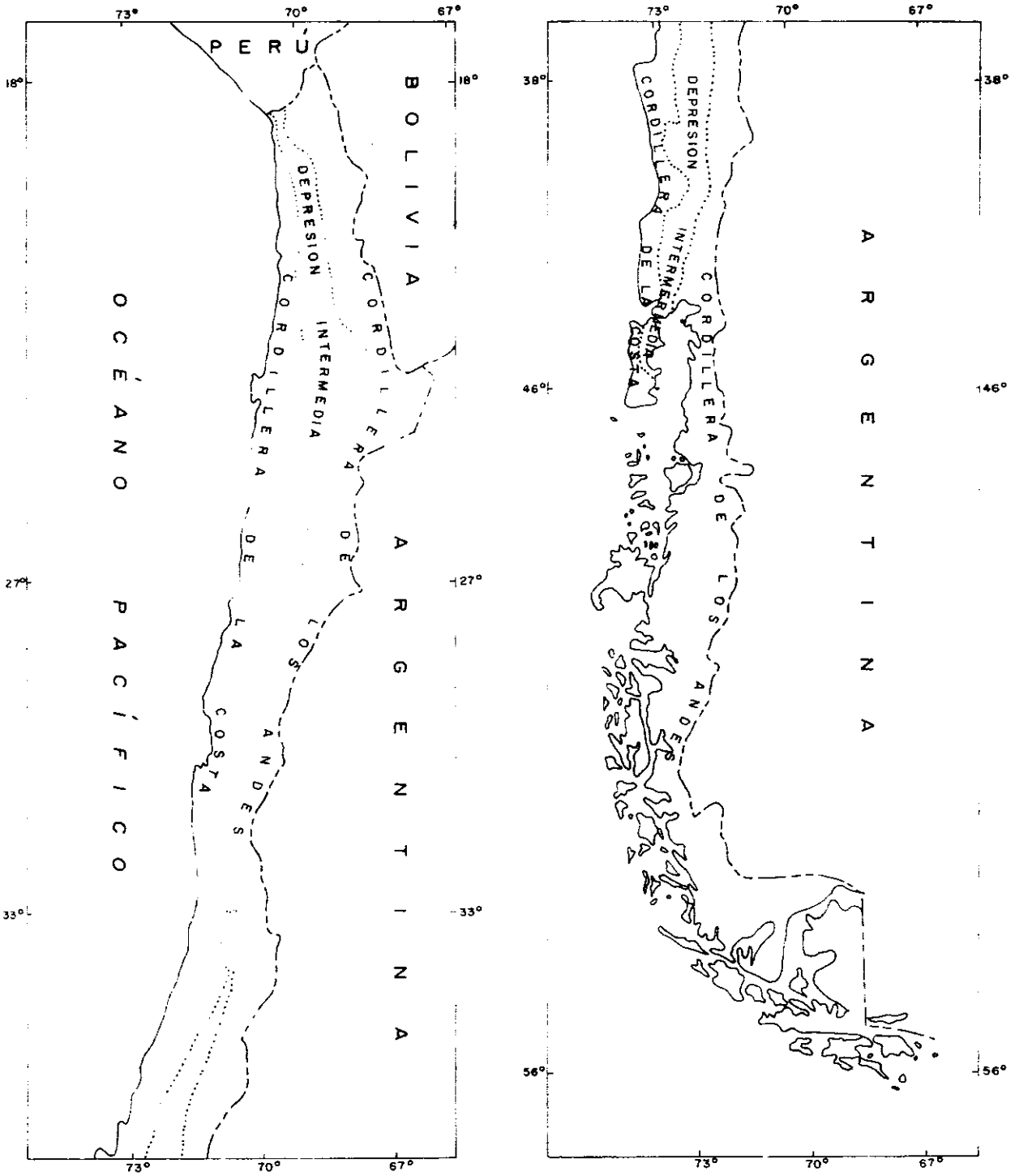


Fig. 1- UNIDADES MORFOLÓGICAS DE CHILE.

valles transversales entre los 26° y 33° de latitud sur, a partir de los 42° S, la Depresión Intermedia desaparece totalmente.

## 1.2. Clima

Desde el punto de vista climático, Chile Continental, por su gran desarrollo en latitud, debiera tener en su territorio desde climas subecuatoriales a climas fríos, pero por su ubicación con respecto al Océano Pacífico y su fuerte relieve se han originado climas áridos en el norte, con desarrollo de desierto absoluto, hasta clima marítimo templado-frío lluvioso en el extremo sur, con precipitaciones hasta de 3 000 mm anuales.

Caracterizando someramente las precipitaciones en el país, se tiene el siguiente esquema de norte a sur:

- a) En la Cordillera de los Andes, específicamente en el área denominada Altiplano, desde el límite con el Perú, hasta los 28° de latitud sur, se tiene un régimen tropical de lluvias estivales con 365 mm anuales en el extremo norte, disminuyendo progresivamente hasta 80 mm anuales, en la parte sur.
- b) Sin embargo en el mismo tramo, en el área correspondiente a la Cordillera de la Costa y Depresión Intermedia, hay una carencia casi absoluta de precipitaciones y cuando ocurren son torrenciales y espaciadas cada 5 a 7 años. La estación pluviométrica Diego de Almagro ex Pueblo Hundido (26° 30' - 70°); con 40 años de registro continuo tiene un promedio de 2 mm anuales.
- c) Al sur de los 28° de latitud y a lo ancho de todo el país se manifiesta un régimen de lluvias mediterráneas que aumenta considerablemente hacia el sur, caracterizado por lluvias invernales con estación seca y prolongada en verano; en Valdivia (28° 33' - 70° 42') se registra un promedio de 65 mm

anuales; en Santiago ( $33^{\circ} 30' - 70^{\circ} 40'$ ) 365 mm anuales y en Victoria ( $38^{\circ} 14' - 72^{\circ} 10'$ ) del orden de los 1 300 mm anuales.

- d) El régimen pluviométrico, al sur de los  $38^{\circ}$  S se caracteriza por precipitaciones durante todo el año con máximo invernal. Las lluvias aumentan de norte a sur (Victoria 1 300 mm/año, Puerto Aysen 3 000 mm/año); desde la latitud de Puerto Aysen al sur, existe una disminución de las lluvias en sentido oeste-este.

### 1.3. Geología

El territorio chileno es el resultado de sucesivos acontecimientos geológicos que han tenido lugar desde el Precámbrico hasta el presente; caracterizados por intensa actividad geotectónica. A través de su compleja historia geológica, se han depositado sedimentos marinos, continentales y materiales volcánicos principalmente. Numerosos cuerpos intrusivos se han emplazado a lo largo de todo el territorio.

Los movimientos tectónicos del Terciario Superior y Cuaternario configuran la actual morfología del país, dando como resultado el alzamiento de la Cordillera de los Andes, individualizando a la vez la Depresión Intermedia y la Cordillera de la Costa. Estas unidades fueron las que proporcionaron o recibieron los materiales cuaternarios, que en Chile son el resultado de la interacción de tres factores principales: Oscilaciones climáticas, procesos tectónicos y volcanismo; estos dos últimos relacionados con el cinturón orogénico circumpacífico, lo que caracteriza a Chile como territorio de inestabilidad tectónica, puesta de manifiesto por terremotos y volcanes activos.

## 2.- RIESGOS NATURALES

Los riesgos naturales en Chile, son originados por factores geotectónicos y climáticos, por lo general en un ambiente de fuerte topografía, la interacción de estos factores provoca a menudo efectos en cadena que multiplican los daños. El país está normalmente expuesto a terremotos, maremotos, erupciones volcánicas, deslizamientos, avalanchas de hielo y nieve, aluviones e inundaciones.

### 2.1. Terremotos

El tectonismo de placas que afecta el borde occidental de América del Sur, estructura morfológicamente a Chile en toda su extensión, de manera que toda el área del país está comprometida por la zona de subducción circumpacífica, siendo ésta la causa de la alta densidad e intensidad de los terremotos y la gran cantidad de sismos menores.

En Chile hay una zonificación de los grandes sismos en relación a la profundidad del foco; así en el norte predominan los de profundidad intermedia, entre 60 y 150 km y en el sur los de baja profundidad, menores de 60 km (Fig. 2).

La cantidad de sismos destructores que han afectado al país históricamente, se consideran del orden de 150. Estudios geofísicos, estadísticos, enfocados a obtener zonaciones sísmicas, indican que el extremo sur tiene una sismicidad más baja, que podría corresponder a falta de información básica. Normalmente se considera destructor un sismo a partir de grado 7, Cinna Lomnitz (1970), postula que el período de retorno medio de terremotos de magnitud superior a 8, es del orden de uno por década.

En síntesis, como Chile es un país de alta sismicidad, se han adoptado medidas que minimicen los efectos catastróficos, es así, que en la construcción las normas de diseño son antisís-

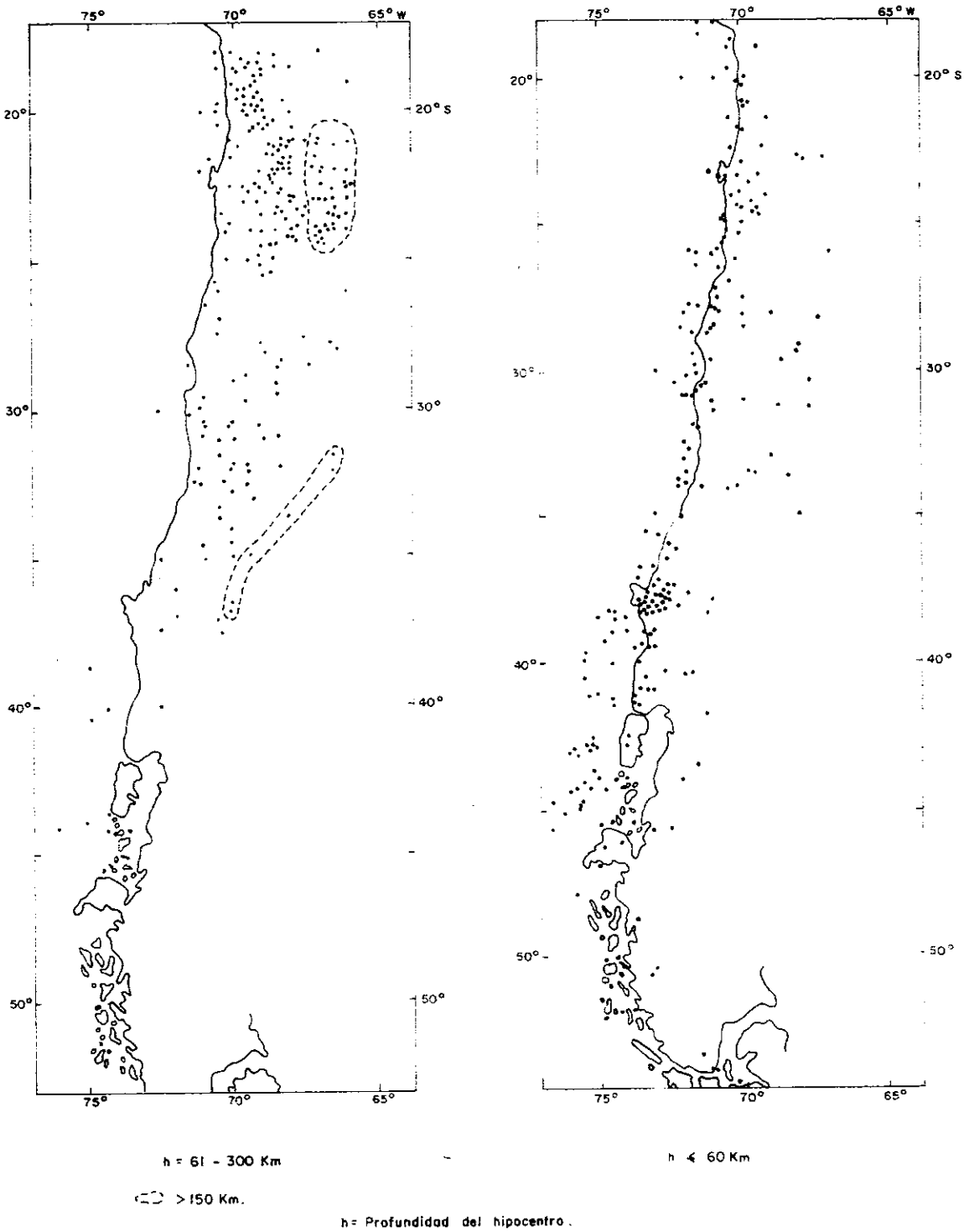


Fig. 2.- DISTRIBUCION DE EPICENTROS DE SISMOS SUPERIORES A 5.5 DE LOS AÑOS 1900 a 1970 (E. Lorca 1972).

micas. En Concepción, Valdivia y otras ciudades del sur de Chile, con motivo de terremotos recientes se ha determinado una relación directa entre las zonas con mayores daños y mala calidad de los suelos de fundación, los cuales normalmente corresponden a rellenos sin compactación. Por lo cual desde el punto de vista geotécnico en el pasado se elaboraron cartas de suelos y riesgos naturales. Se debería, con la colaboración de geólogos y geofísicos, elaborar cartas sismotectónicas en las que se zonificaría la respuesta del suelo a los sismos, de manera de determinar el grado de vulnerabilidad y riesgos sísmicos de las áreas de interés.

## 2.2. Maremotos

Por ser los maremotos consecuencia directa de los terremotos y dado que Chile es un país de alta sismicidad, toda la costa está continuamente expuesta a efectos desastrosos. Estadísticas desde 1562 hasta la fecha, han registrado 22 maremotos en el país, de los cuales 10 fueron calificados como grandes, tales como los que afectaron a Arica, Valdivia, Puerto Saavedra y otras. En algunos mapas que muestran los riesgos naturales de zonas costeras, se indica el riesgo de maremotos con la cantidad de ellos registrados y la altura máxima alcanzada por las olas.

## 2.3. Erupciones Volcánicas

Aunque los volcanes al igual que los terremotos son consecuencia de la actividad tectónica circumpacífica, las erupciones no están ligadas necesariamente con sismicidad. La mayor cantidad de volcanes se encuentra en el norte del país, pero la mayor potencialidad de riesgos es en el centro entre los 33° y 42° de latitud sur, por la eyección de materiales piroclásticos, coladas de lavas y la acción secundaria de derretimiento masivo de campos de hielos y nieves que cubren los volcanes o áreas vecinas, se originan corrientes de barro, inundaciones, etc., todos



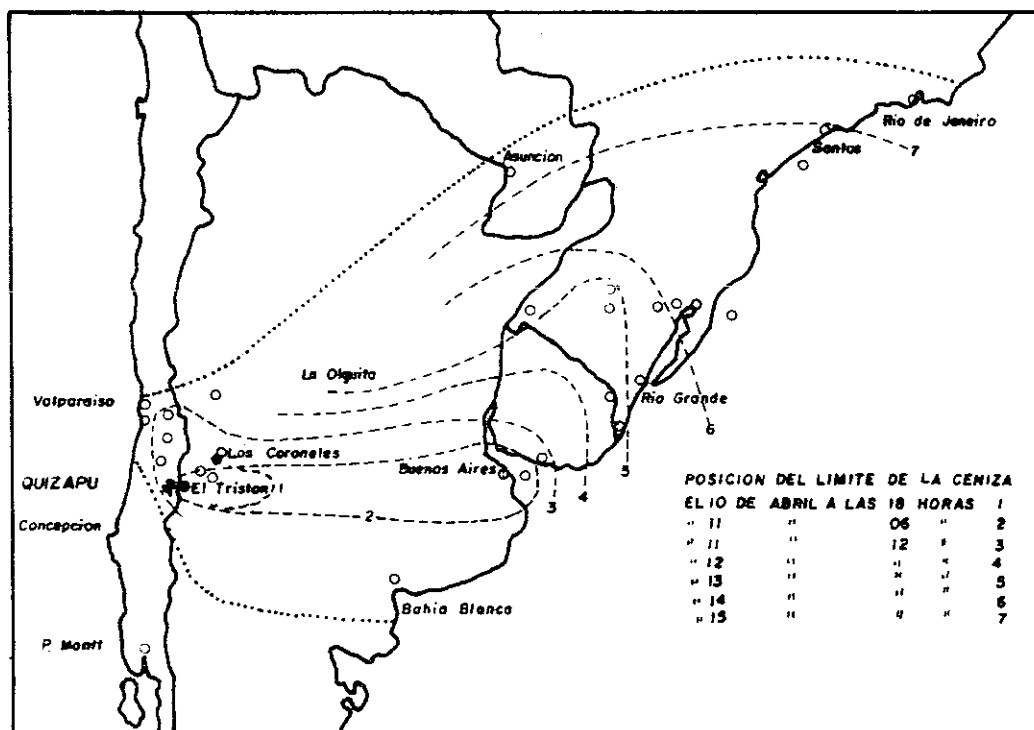
estos afectan a los centros poblados, áreas de pastoreos, agrícolas, centrales hidroeléctricas y otras obras ingenieriles, con pérdida de vida y grandes daños materiales. En la erupción de 1938 del volcán Quizapu ubicado frente a Talca, según BRUGGEN, 1950, las cenizas llegaron a Buenos Aires y Río de Janeiro en 18 y 108 horas, respectivamente (Fig. 3).

En la cartografía de riesgos se debe indicar los posibles cauces, y áreas más expuestas a este tipo de situaciones. Actualmente en el sur de Chile, en el volcán Villarrica, se está efectuando una experiencia de monitoreo de volcanes, para la prevención de riesgos.

#### 2.4. Deslizamientos

En Chile los deslizamientos de rocas y/o sedimentos están relacionados con movimientos sísmicos y sobresaturación de sedimentos en un ambiente de topografía muy abrupta. Los terremotos han provocado en la Cordillera de los Andes, deslizamientos que han cerrado valles. En los terremotos de 1960 que afectaron el sur de Chile, el río Riñihue fue represado por un deslizamiento, originándose en pocos días, un gran lago, que amenazó arrasar con pequeños poblados y a la ciudad de Valdivia que recién había sufrido los efectos del terremoto y maremoto. Este tipo de riesgo se ha registrado en otros lugares de Chile central como en Las Melosas en el Cajón del Maipo, pero potencialmente afecta al centro y sur del país.

Por sobresaturación de sedimentos con aguas subterráneas, en relación con lluvias torrenciales y de larga duración, se han originado deslizamientos en el sur de Chile, que en la zona de Puerto Montt han significado destrucción de viviendas y pérdidas de vidas humanas. En Colombia en 1983 en un lugar en que se realizaba la construcción de una represa hubo más de 300 muertos por dos deslizamientos sucesivos que se originaron por precipitaciones excesivas que sobresaturaron el terreno. En el



0 500 1000 Km.

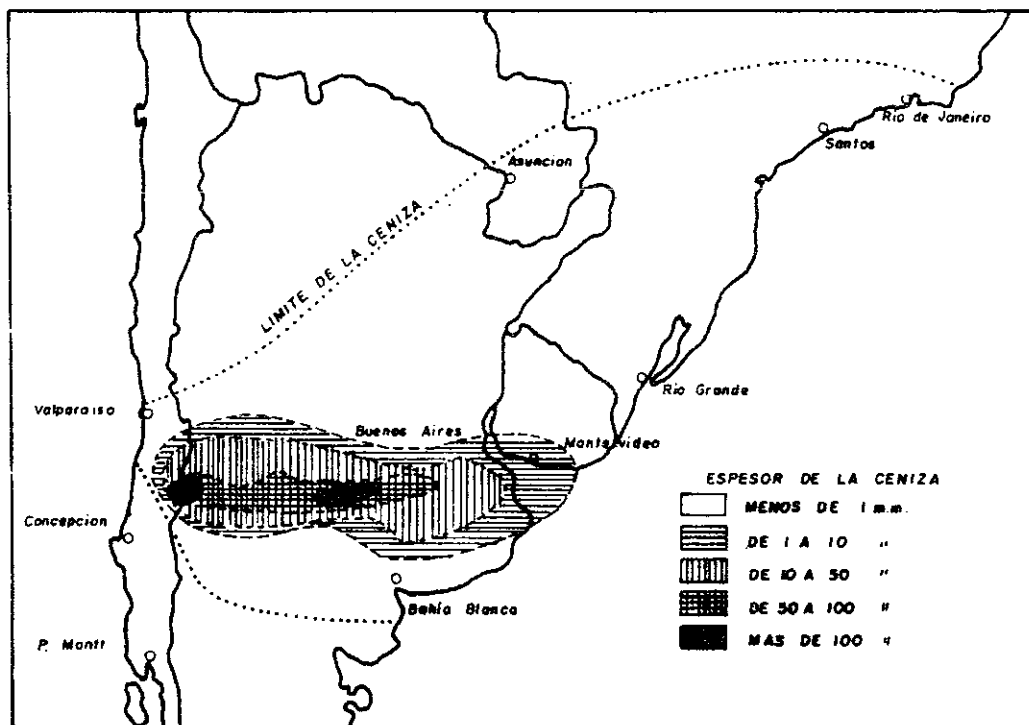


FIG. 81.— LA EXPANSION Y REPARTICION DE LAS CENIZAS DEL VOLCAN QUIZAPU. SEGUN LARSSON. EN BRUGGEN 1950 (FIG.3).

caso de Puerto Montt los deslizamientos se han producido debido a que sedimentos fluvioglaciales cuyos taludes en condiciones de precipitación normal han sido estables, al ser sobresaturados han perdido su estabilidad. En una zonificación de riesgos estos taludes deben ser identificados y programar los drenajes adecuados y en lo posible identificar las precipitaciones críticas.

## 2.5. Avalanchas de hielo y nieve

Las avalanchas de hielo y nieve están condicionadas principalmente por factores topográficos, meteorológicos y de las características físicas de los mantos de nieve o hielo propiamente tal. Eventualmente el mecanismo disparador de avalanchas lo constituyen movimientos tectónicos.

Estudios de riesgos realizados en Chile central, han determinado que el factor más determinante en la generación de avalanchas es la pendiente de la zona de inicio, considerando las pendientes entre  $30^\circ$  y  $45^\circ$  como críticas para la estabilidad de un manto de nieve de espesor considerable. Las pendientes mayores de  $45^\circ$  suelen descargarse con facilidad y no constituyen riesgos. Las pendientes menores de  $30^\circ$  normalmente permiten una buena estabilidad del manto y salvo casos excepcionales en que éste se satura de agua, por lluvia o fusión, se genera una avalancha.

El factor meteorológico de mayor importancia corresponde a las precipitaciones, siendo el espesor del manto de nieve sobre una pendiente dada, es la que permitirá o no el inicio de una avalancha, influyendo de tal manera las precipitaciones, que las avalanchas generalmente ocurren durante o inmediatamente al final de un temporal.

Para minimizar o controlar este tipo de riesgos se efectúan estudios de pendientes, perfiles típicos de las características meteorológicas de los temporales, se individualizan las sendas de avalanchas, zonas de derrames y se indican los métodos de control de las avalanchas tales como disparos, explosiones, construcción de barreras, cornizas y otras ya que en el borde occidental de la Cordillera de los Andes en Chile central y sur, este fenómeno constituye un riesgo que ha significado pérdidas de vida, ganado, destrucción de instalaciones y campamentos mineros, como ha sido el caso de Disputada Las Condes, Minera Andina, El Teniente y del recinto aduanero Los Libertadores.

## 2.6. Aluviones

La precordillera andina del norte de Chile, entre los 18° y 33° de latitud sur, está expuesta al fenómeno de aluviones, hay una serie de condiciones que favorecen la erosión excesiva del paisaje. La precordillera andina, tiene taludes principalmente de pendientes medias y fuertes, vegetación escasa, largos períodos sin precipitaciones o cuando se producen son lluvias torrenciales y de corta duración, de manera que en un corto lapso se generan aluviones, que cubren los fondos de las quebradas, formando masas de barro con grandes clastos incluidos que avanzan incluso a velocidades superiores a los 40 km/hora con espesores de varios metros. Los aluviones arrasan con gente, viviendas, animales, caminos, cubren las escasas zonas de cultivo y destruyen instalaciones mineras como fue el caso en 1972 de la Compañía Minera Sagasca actualmente La Cascada, al interior de Pozo Almonte, algunos años atrás pérdidas de bienes y vidas humanas en un afluente del Estero Arrayán frente a Santiago y recientemente el balneario de Reñaca al norte de Valparaíso.

2.7. Inundaciones

Las principales causas de inundaciones por crecidas de ríos, son las abundantes precipitaciones de lluvias y el violento derretimiento de nieves por un tiempo prolongado, es decir son netamente hidrometeorológicas controladas por factores geomorfológicos e hidrogeológicos, no se consideran los eventos provocados por el hombre. Este tipo de riesgos afectan a Chile principalmente desde los 33° hasta los 42° de latitud sur.

Las pequeñas cuencas hidrográficas tienen una respuesta muy rápida a las precipitaciones excesivas de manera que las crecidas prácticamente no se pueden prevenir, mientras se están produciendo las precipitaciones como fue en 1982 el desborde del río Mapocho en Santiago, pero en base a observaciones geomorfológicas se pueden efectuar las correcciones y obras anexas que permiten el control de las inundaciones futuras.

Las grandes cuencas hidrográficas tienen una lenta evolución de las crecidas, de manera que un servicio de vigilancia hidrometeorológica puede prevenir durante la evolución del proceso la crecida respectiva y las probables inundaciones que se originaran, como así también realizar las obras de defensa que correspondan. La gran hoya hidrográfica del río Maipo tuvo un comportamiento como el descrito durante las fuertes precipitaciones de 1982.

Zonas con sedimentos permeables saturados de aguas subterráneas, fácilmente se inundan con precipitaciones ligeramente sobre lo normal. En la zona sur de la cuenca de Santiago en el sector de Viluco este fenómeno se repite con cierta periodicidad.

Las observaciones geomorfológicas, hidrogeológicas e hidrometeorológicas en su conjunto, permiten desarrollar las medidas más adecuadas para la prevención y control de este riesgo. Las

medidas al respecto son de varios tipos, van desde la construcción de represas, inundación de llanuras desocupadas, construcción de diques de contención en las riberas de los ríos, construcción de canales de derivación y corrección de los lechos de los ríos.

### 2.8. Ruptura de Barrera Glaciar

Desde los 42° hacia el sur, existen lagos marginales con barreras de hielo, éstos se han originado por la existencia de glaciares que ocupan valles principales que obstruyen la desembocadura de valles afluentes, impidiendo los desagües normales de manera que al desaparecer la barrera de hielo, por retroceso del glaciar, se produce un vaciado violento de estos lagos que acumulan grandes volúmenes de agua. La violencia y la gran cantidad de agua liberada producen fuertes erosiones, inundaciones y acumulaciones de sedimentos aguas abajo, este fenómeno fue claramente observado en valles afluentes al río Baker en Aysen.

### 3.- CONCLUSIONES

Para el análisis, diagnóstico, delimitación, control y mitigación de los riesgos naturales se estima que en primer término se debe contar con un banco de datos que cubran todos los desastres naturales. Con esta primera información se podrá conocer la ocurrencia y magnitud que ha tenido en el pasado cada uno de los fenómenos geodinámicos o climáticos a que ha estado sometida una región o país.

Por la gran ocurrencia y magnitud de desastres a que ha sido sometido su territorio, un país como Chile, debiera elaborar en forma sistemática cartas geotécnicas de suelos y riesgos naturales, que se debieran considerar información básica para la planificación de un desarrollo en forma racional.

4.- BIBLIOGRAFIA

BRUGGEN, J., 1950. Fundamentos de la Geología de Chile - Instituto Geográfico Militar. Santiago Chile.

LORCA, E., 1972. Some characteristics and tsunamis in Chile International Institute of Seismology and Earthquakes Engineering V. 7, pp. 46 - 71, Japon.

LOMNITZ, C., 1970. Major Earthquakes and Tsunamis in Chile during the period 1535 to 1955. Sonderdruck ans der geologischen Rundschan Band 59, Stuttgart.

LEON, R., 1978. Avalanchas de Nieve en el valle de Río Blanco. Memoria de Prueba, Universidad de Chile.