

REPUBLICA DE CHILE  
MINISTERIO DEL INTERIOR

PROGRAMA DE NACIONES  
UNIDAS PARA EL DESARROLLO

UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO  
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS

**APOYO AL SISTEMA NACIONAL DE  
PROTECCION CIVIL**

PROYECTO CHI/92/009/A/13/99

INFORME FINAL DE LA ACTIVIDAD 2.1.A

**DEFINICION DE PARAMETROS PARA  
ESTABLECER UN BANCO NACIONAL DE  
RIESGOS Y AMENAZAS NATURALES  
Y CRITERIOS PARA SU DISENO**

SUBCONTRATO CODIGO 25

FRANCISCO J. FERRANDO A.  
COORDINADOR  
COMITE ASESOR MIXTO PERMANENTE  
UNIVERSIDAD DE CHILE - ONEMI

OCTUBRE  
1994

## INDICE

I.- Introducción .....	1
<b>1a PARTE: COMITE ASESOR MIXTO PERMANENTE</b>	
II.- Origen del Comité Asesor Mixto Permanente y Miembros Titulares .....	4
III.- Otros miembros del Comité por parte de la Universidad de Chile para la actividad 2.1.a).- .....	5
<b>2a PARTE: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA. CONTEXTO FISICO-AMBIENTAL     Y ANTECEDENTES GENERALES</b>	
IV.- Planteamiento del Problema .....	7
1.- Contexto Físico-Ambiental: Antecedentes Generales .....	7
1.a.- Chile: Geodinámica e Intervención Antrópica .....	7
1.b.- Los Procesos Naturales: Causas y Consecuencias .....	7
1.c.- Los Conceptos de Amenaza, Riesgo y Prevención .....	9
<b>3a PARTE: CONCEPCION TECNICA, OBJETIVOS Y ASPECTOS METODOLOGICOS</b>	
V.- Concepción Técnica del Banco de Amenazas y Riesgos .....	17
VI.- Objetivos .....	18
VII.- Aspectos Metodológicos y organización del trabajo .....	19
<b>4a PARTE: ANALISIS DE LOS PROCESOS FISICO-AMBIENTALES</b>	
1.- Procesos Geológicos .....	22
1.a.- Movimientos Telúricos o Sismología .....	22
<u>Peligro Sísmico</u> .....	25
1.b.- Volcanismo .....	29
<u>Criterios Para el Diseño del Banco Nacional de Riesgos y Amenazas Volcánicas (ONEMI)</u> .....	32
2.- Procesos Hidro-Geomorfológicos .....	50
2.a.- <u>Erosión</u> .....	51
2.a.1.- Indicadores de la Erodabilidad .....	51
2.a.2.- Indicadores de la Erosividad .....	55
2.a.3.- Tipos y Características de los Procesos Exógenos .....	58
2.a.4.- Evaluación .....	67
2.b.- <u>Inundaciones</u> .....	69
2.b.1.- Evaluación .....	72
2.c.- <u>Amenazas Principales y Variables Claves</u> .....	74
2.d.- Propuesta de Formulario-Encuesta para la Recopilación de Antecedentes sobre Procesos Hidro-Geomorfológicos ...	79



3.- Procesos Hidrometeorológicos ..... 86

Riesgos de Origen Meteorológico en Chile ..... 88

Eventos Hidrometeorológicos: Variables Claves y Determinación de de Umbrales para la Configuración de Escenarios de Peligro ... 98

**5a PARTE: BASES PARA UN BANCO DE DATOS SOBRE RIESGO TECNOLÓGICO**

Bases para un Banco de Datos sobre Riesgo Tecnológico ..... 102

Guía para Usuarios ..... 104

Banco de Datos sobre Sustancias Peligrosas ..... 105

Contenidos del Banco de Datos ..... 107

Amenazas Naturales e Instalaciones Industriales: Criterios para la Determinación de Situaciones de Peligro ..... 111

**6a PARTE: LOS "SIG" Y EL DISEÑO DEL BANCO NACIONAL DE RIESGOS Y AMENAZAS NATURALES**

Los Sistemas de Información Geográfica y el Diseño del Banco Nacional de Riesgos y Amenazas Naturales ..... 119

1.- Objetivo de la Actividad ..... 119

2.- Los Sistemas de Información Geográfica ..... 120

3.- PC-ARC-INFO y sus Módulos ..... 126

4.- Metodología General para el Diseño del Banco ..... 129

**APENDICE I: Documentos relativos a Riesgo Sísmico**

-Sismos y Riesgo Sísmico en Colombia ..... 134

-Antecedentes y Actitudes ante Terremotos ..... 148

**APENDICE II: Documento sobre Temporales, Inundaciones y Corrientes de Detritos en Chile**

-Antecedentes sobre Temporales e Inundaciones en Chile en los últimos 40 años, según Urrutia y Lanza 1993 ..... 153

-Antecedentes sobre Corrientes de Detritos en Chile según Ayala 1993 ..... 206

En este informe se presenta en primer lugar los antecedentes relacionados con el Comité Asesor Mixto permanente. En una segunda parte se exponen una serie de antecedentes generales relacionados con el contexto físico-ambiental, dinámico y conceptos.

La tercera parte comprende los aspectos de concepción técnica, objetivos, aspectos metodológicos y de organización del trabajo.

En la cuarta parte se incorporan los aportes de los miembros del comité en cada una de sus áreas temáticas, referidos a individualizar, caracterizar y determinar las variables claves de los procesos naturales analizados, y la factibilidad de su incorporación al Banco de Riesgos y Amenazas Naturales.

## I.- INTRODUCCION

Con motivo del desarrollo del proyecto CHI/92/009/A/13/99 "Apoyo al Sistema Nacional de Protección Civil", financiado por el P.N.U.D., La Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior (ONEMI), como ente ejecutor, ha reactivado el Convenio de Cooperación establecido, con fecha 26 de Abril de 1993, con la Universidad de Chile, acción tendiente a lograr el apoyo científico necesario para llevar a cabo dicho proyecto.

En este sentido, a los miembros del comite asesor permanente por parte de las Facultades de Arquitectura y urbanismo, y Ciencias Fisicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, se les ha solicitado su participación en dos de las Actividades consignadas como Código 25, las que corresponden específicamente a:

- Actividad 2.1.a.- "Definición de Parámetros para Establecer Un Banco Nacional de Riesgos y Amenazas Naturales y Criterios Para su Diseño".
- Actividad 2.1.c.- "Definición de la Metodología para Determinar la Vulnerabilidad de los Asentamientos Humanos frente a Desastres".

La primera de estas actividades debía realizarse entre Marzo y Agosto de 1994, y la segunda entre Septiembre-1994 y Enero-1995.

El presente informe contiene, por lo tanto, los documentos resultantes de las labores llevadas a cabo por el equipo asesor en relación a la actividad 2.1.a., y destinadas a apoyar el desarrollo de ésta por parte de la Unidad Ejecutora de ONEMI.

En este informe se presenta en primer lugar los antecedentes relacionados con el Comité Asesor Mixto permanente. En una segunda parte se exponen una serie de antecedentes generales relacionados con el contexto físico-ambiental, dinámica y conceptos.

La tercera parte comprende los aspectos de concepción técnica, objetivos, aspectos metodológicos y de organización del trabajo.

En la cuarta parte se incorporan los aportes de los miembros del comité en cada una de sus áreas temáticas, referidos a individualizar, caracterizar y determinar las variables claves de los procesos naturales analizados, y la factibilidad de su incorporación al Banco de Riesgos y Amenazas Naturales.

Estas dicen relación con la sismología, el volcanismo, la hidromorfología y los procesos propios de la evolución de los paisajes naturales, los riesgos asociados al clima, y aquellos relativos al desarrollo de actividades económico-industriales y transporte de sustancias y/o productos peligrosos.

Una quinta parte incorpora antecedentes y criterios generales respecto del Riesgo Tecnológico per sé así como en relación a las amenazas naturales, y los antecedentes necesarios para el establecimiento de un Banco de Datos al respecto

Finalmente, en la Sexta parte, se presentan los antecedentes relacionados con los Sistemas de Información Geográfica, especialmente con el software PC-Arc-Info, y los criterios relativos al diseño del Banco en base computacional.

Al respecto es evidente que, dado el desconocimiento por parte del especialista en SIG del equipo asesor, de los criterios y propuesta de variables a considerar en cada una de las temáticas involucradas, producto de la contemporaneidad de las actividades desplegadas por cada miembro del equipo, será necesario su concurso durante la segunda fase de la asesoría, a fin de llevar a cabo un análisis de complementariedad y simplificación, tendiente a lograr una mejor configuración y estructuramiento del sistema.

## II. COMISION DEL COMITE ASESOR MIXTO PERMANENTE Y MIEMBROS TITULARES

En el marco del Convenio de Cooperación, establecido con fecha 19 de Marzo de 1993 entre la Universidad de Chile y la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior (ONEMI), el cual establece en lo sustancial las bases para desarrollar mecanismos de colaboración mutua, basando esfuerzos y recursos para llevar a cabo programas de asistencia, investigación y desarrollo en materias de Prevención y Atención de Catastrofes, y de acuerdo con lo indicado en el Ord. Nº 537 de fecha 1 de Diciembre de 1993, enviado por el Sr. Director de ONEMI al Sr. Rector de la Universidad de Chile, se procedió a nombrar un Comité Asesor Mixto permanente.

A este respecto, con fecha 7 de Diciembre de 1993, en el Ord. Nº 1987 de la Universidad de Chile, el Sr. Rector oficializa ante el Sr. Director de ONEMI la

### PRIMERA PARTE

COMITE ASESOR MIXTO PERMANENTE

Los miembros titulares de este Comité por parte de la Universidad de Chile son los profesores Sr. FRANCISCO JOSE Departamento de Geografía de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, y el Sr. EDGAR NAUSEL VECCHIOLA, académico del Departamento de Geofísica de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.

En forma interna, y de acuerdo entre ambos miembros titulares del comité asesor, se designa al Sr. Fco. Ferrando A. como Coordinador para el desarrollo de las actividades contempladas en el convenio.

Los académicos mencionados se integran al Comité el cual consta con dos miembros titulares de la contraparte, los Sres. SERGIO FERNANDO DIAZ LARBE, geógrafo, y JUAN EDUARDO MIRANDA LEYTON, administrador público.

A partir del 4 de Abril de 1994 se iniciaron los contactos, fijándose una primera reunión de trabajo con fecha 15 de Abril.

## II.- ORIGEN DEL COMITE ASESOR MIXTO PERMANENTE Y MIEMBROS TITULARES

En el marco del Convenio de Cooperación, establecido con fecha 19 de Marzo de 1993, entre la Universidad de Chile y la Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior (ONEMI), el cual establece en lo sustancial las bases para desarrollar mecanismos de colaboración mutua, aunando esfuerzos y recursos para llevar a cabo programas de asistencia, investigación y desarrollo en materias de Prevención y Atención de Catastrofes, y de acuerdo con lo indicado en el Ord. Nº 537 de fecha 1 de Diciembre de 1993, enviado, por el Sr. Director de ONEMI al Sr. Rector de la Universidad de Chile, se procedió a nombrar un Comité Asesor Mixto permanente.

A este respecto, con fecha 7 de Diciembre de 1993, en el Ord. Nº 1957 de la Universidad de Chile, el Sr. Rector oficializa ante el Sr. Director de Onemi la designación como miembros titulares de este Comité por parte de la Universidad a los profesores Sr. FRANCISCO JOSE FERRANDO ACUÑA, académico del Departamento de Geografía de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo, y al Sr. EDGAR KAUSEL VECCHIOLA, académico del Departamento de Geofísica de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas.

En forma interna, y de acuerdo entre ambos miembros titulares del comité asesor, se designó al Sr. Fco. Ferrando A. como Coordinador para el desarrollo de las actividades contempladas en el convenio.

Los académicos mencionados se integran de inmediato al Comité, el cual consta con dos miembros titulares de la contraparte, los Sres. SERGIO FERNANDO DIAZ LABBE, geógrafo, y JUAN EDUARDO MIRANDA LEYTON, administrador público.

A partir del 4 de Abril de 1994 se iniciaron los contactos, fijándose una primera reunión de trabajo con fecha 15 de Abril.

III.- OTROS MIEMBROS DEL COMITE POR PARTE DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE PARA LA ACTIVIDAD 2.1.a).-

Con el objeto de apoyar la actividad indicada, además de los miembros titulares de la Comisión Asesora por parte de la U. de Chile, se han incorporado a ésta, a fin de cubrir todos los ámbitos considerados, los siguientes académicos e investigadores:

-Sr. Hugo Moreno Roa; Geólogo, experto en Vulcanología y Riesgo Volcánico.

-Sr. Osvaldo Cifuentes R.; Ingeniero Químico, experto en riesgo tecnológico (Químico).

- Sr. René Garreaud ; Ingeniero Civil, Magister en Meteorología.

-Sr. Christian Fonfach ; Geógrafo experto en diseño de sistemas de Información.

#### IV.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

##### 1.- CONTEXTO FISICO-AMBIENTAL: ANTECEDENTES GENERALES

##### 1.a.- CHILE: GEODINAMICA E INTERVENCION ANTROPICA

Chile, por estar en el que sus mayores pendientes y las mayores pendientes son elementos concordantes del paisaje, presenta su mayor desarrollo urbano, agrícola e industrial, en el área de proyección de agua y energía de los torrentes de montaña.

En efecto, en el caso particular de los núcleos urbanos de Chile Central, estos en su mayoría fueron fundados a orillas de ríos, criterio de selección de sitio que ocasionó las consecuencias del crecimiento urbano y la presión por el espacio.

#### SEGUNDA PARTE

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

#### CONTEXTO FISICO-AMBIENTAL: ANTECEDENTES GENERALES

Los ríos pasaron a cumplir, entre otras funciones, un límite natural de invasión de las ciudades, por lo que en primera instancia se invadieron sus riberas y lechos, para después, al quedarse inertes dentro de las ciudades. Posteriormente, la presión socio-económica por el agua demandó a su vez, los cursos de agua y a reducir drásticamente el ancho de los cauces, ignorando las necesidades de los ríos que tarde o temprano reclaman lo suyo.

Estos problemas han surgido en función de la tendencia a extender la ciudad hacia terrenos altos, ocupando áreas de sierra, tales como los picos de conos de deposición provenientes de quebradas de carácter torrencial, incluso rellenando y urbanizando sectores de estas mismas quebradas.

La experiencia reciente del aluvión que afectó la parte oriental de la Ciudad de Santiago de Chile, el día 3 de Mayo de 1971, con grandes pérdidas materiales y humanas, es un ejemplo elocuente y dramático del desconocimiento, a veces a propósito, de los procesos naturales y, específicamente, de la dinámica de las cuencas hidrográficas de montaña.

#### 1.b.- LOS PROCESOS NATURALES: CAUSAS Y CONSECUENCIAS

La superficie de la Tierra es un plano irregular, de naturaleza compleja, al cual actúa como contacto entre dos medios de características constitutivas y dinámicas completamente diferentes y opuestas.



#### IV.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

##### 1.- CONTEXTO FISICO-AMBIENTAL: ANTECEDENTES GENERALES

##### 1.a.- CHILE: GEODINAMICA E INTERVENCION ANTROPICA

Chile, país en el que su angostura y las mayores pendientes son elementos concordantes del paisaje, presenta su mayor desarrollo urbano, agrícola e industrial, en el área de proyección de masa y energía de los torrentes de montaña.

En efecto, en el caso particular de los núcleos urbanos de Chile Central, estos en su mayoría fueron fundados a orillas de ríos, criterio de selección de sitio que no vislumbró las consecuencias del crecimiento urbano y la presión por el espacio.

Los ríos pasaron a constituirse, entre otras funciones, en límites naturales a la expansión de las ciudades, por lo que en primera instancia se invadió sus riberas y lechos, para posteriormente saltar sobre ellos, con lo que estos cauces naturales quedaron insertos dentro de las ciudades. Posteriormente, la presión socio-económica por el suelo comenzó a ahogar los cursos de agua y a reducir drásticamente el ancho de los cauces, ignorando las necesidades de los ríos que tarde o temprano reclaman lo suyo.

Nuevos problemas han surgido en función de la tendencia a extender la ciudad hacia sectores altos, ocupando áreas de piedmont, tales como los ápices de conos de deyección provenientes de quebradas de carácter torrencial, incluso rellenando y urbanizando sectores de estas mismas quebradas.

La experiencia reciente del aluvión que afectó la parte oriental de la Ciudad de Santiago de Chile, el día 3 de Mayo de 1993, con grandes pérdidas materiales y humanas, es un ejemplo elocuente y dramático del desconocimiento, a veces a propósito, de los procesos naturales y, específicamente, de la dinámica de las cuencas hidrológicas de montaña.

##### 1.b.- LOS PROCESOS NATURALES: CAUSAS Y CONSECUENCIAS

La superficie de la Tierra es un plano irregular, de naturaleza compleja, el cual actúa como contacto entre dos medios de características constitutivas y dinámicas completamente diferentes y opuestas.

Su base es la Litosfera, la cual está conformada por diferentes tipos de rocas y formaciones, las que a su vez surgen y sufren cambios (Ej: alteración hidrotermal) y deformaciones (Ej: fallas, fracturamiento y plegamiento) por la acción de fuerzas endógenas, propias de la geodinámica interna del planeta. Dentro de ellas, la Tectónica es una de las más importantes.

La acción de estas fuerzas es de tipo positivo, es decir, conllevan procesos constructivos de formas y paisajes, aunque a veces en base a la destrucción o deformación de sus propias orografías (Ej: Erupciones que destruyen parte del edificio volcánico).

La cáscara de esta litosfera está en contacto con la hidrosfera, la biosfera y la atmosfera. La conjugación de la dinámica de ellas conforma un conjunto de procesos de carácter negativo, en tanto cuanto todo aquello que es edificado por las fuerzas endógenas tiende a ser erosionado, arrasado y nivelado como fin último, por este universo de procesos denominados, por oposición, exógenos.

Esta confrontación permanente de fuerzas endógenas y exógenas es la que otorga finalmente, las características de forma y modelado de la superficie terrestre.

En este juego de fuerzas existen quiebres, desequilibrios y estabilidades con diferentes o cambiantes dimensiones en espacio, intensidad y tiempo. Es así como se habla de erosión normal y de crisis morfogenéticas.

Refiriéndose a procesos particulares se requiere, por lo tanto, de la sumatoria específica de factores derivados de la acción de ambos conjuntos de fuerzas.

Por un lado se tiene la generación de relieves con características litológicas y estructurales específicas, producto de cuya dinámica genética se generan condiciones de inestabilidad, como por ejemplo la erosión geológica (entendida como el grado de alteración, fracturamiento y/o plegamiento de las rocas en el proceso orogenético), y los procesos posteriores de alteración hidrotermal, fallamiento, basculamientos, hundimientos, etc..

Por el otro lado está el campo de las acciones exógenas, donde operan procesos de: meteorización física y/o química de las rocas, asociados a condiciones apropiadas de amplitud térmica y a la conjunción temperatura y humedad elevada; fenómenos gravitacionales de traslación de masas detríticas en ausencia o

presencia de agua; erosión hídrica, entendida como la extracción, transporte y sedimentación de materiales detríticos de diverso tamaño por corrientes hídricas; deflación o transporte de detritos finos por acción eólica; solifuxión o reptación lenta e intermitente de masas detríticas suficientemente humedecidas, etc..

Todos esos procesos además, difieren en las características de su mecánica, incluso en fenómenos de una misma familia. Por ejemplo, la erosión, transporte y sedimentación de materiales clásticos por acción del agua difiere notablemente según el balance agua/sedimentos, pasando de corrientes hídricas con leve carga de sólidos en suspensión, arrastre por el fondo u otro de sus mecanismos, hasta flujos de barro y bloques de alta densidad y viscosidad.

A la vez, estos dos procesos mencionados difieren en su manifestación temporal y efectos. El primero de ellos puede ser considerado como un proceso de erosión normal y constante, cuyos efectos son casi imperceptibles, aunque no menos importantes en el tiempo. En cambio, el segundo es un fenómeno cataclísmico, paroxísmico, comparable a una erupción volcánica, de rápido y corto desarrollo temporal, pero de efectos catastróficos inmediatos.

#### 1.c.- LOS CONCEPTOS DE AMENAZA, RIESGO Y PREVENCIÓN:

##### - AMENAZAS NATURALES

Una definición ampliamente aceptada en torno a que son las Amenazas Naturales las caracteriza como: "Aquellos elementos del medio ambiente físico, dañinos para el hombre y causados por fuerzas extrañas a él". Más específicamente, el término Amenaza Natural se refiere a todos los fenómenos atmosféricos, hidrológicos, geológicos (especialmente los volcánicos y los sísmicos) y pirógenos que, debido a su localización, severidad y frecuencia, tienen el potencial para afectar adversamente a los seres humanos, sus estructuras o sus actividades. (DRDE/OEA, 1990)

El calificativo "natural" elimina los fenómenos de amenaza causados directamente por el hombre, tales como guerra, polución y contaminación química, etc. No obstante, cada vez es más clara la participación indirecta del hombre a través de sus actividades en el agudizamiento de los procesos naturales, procurando involuntariamente su transformación en Amenazas.

Debe tenerse en claro además que, un evento físico, tal como una erupción volcánica, que no afecta instalaciones humanas o áreas donde este desarrolla algún tipo de actividad, es un proceso natural y no una amenaza natural, dado que en su área de influencia nada no natural corre riesgo.

Un fenómeno natural que ocurre o se proyecta sobre un área poblada es un evento desastroso, el cual si produce una gran cantidad de muertes y/o de daño y destrucción a propiedades e infraestructura, pasa a constituir un Desastre Natural.

En otras palabras, en áreas donde no hay intereses humanos, los fenómenos o procesos naturales no constituyen amenazas y, por lo tanto, no conducen a desastres.

Esta concepción viene a cambiar aquella percepción de las amenazas naturales como inevitables estragos producto del desencadenamiento de la furia de las incontrolables fuerzas de la naturaleza.

Además, esto cambia el peso de las causas de los desastres de puramente debidas a procesos naturales, a aquellos casos en que concurren la presencia de las actividades humanas y eventos naturales de magnitud paranormal.

#### - RIESGOS

Las situaciones de riesgo deben ser entendidas, por lo tanto, como consecuencia tanto de la imprevisión y carencia de normas y programas adecuados, como del alcance de la manifestación o desencadenamiento de procesos naturales que alcanzan el nivel de amenaza, con los consiguientes niveles de riesgo (peligro de daño o pérdida) a que se ven enfrentadas vidas, bienes y obras de la población y el Estado asentadas en el área de proyección del fenómeno.

#### - PREVENCIÓN

A pesar de que los humanos poco o nada podemos hacer para cambiar la incidencia o intensidad de la mayoría de los fenómenos naturales, puesto que sería utópico pretender detener el proceso evolutivo de la naturaleza, tenemos un importante rol que jugar en el aseguramiento o prevención de que eventos naturales no se conviertan en desastres por nuestras propias acciones.



Al respecto es de importancia trascendental entender que las intervenciones del hombre pueden incrementar la frecuencia y severidad de las amenazas naturales, e incluso generarlas en lugares donde no se han registrado anteriormente, en parte debido a que la intervención reduce los efectos de mitigación propios de los ecosistemas naturales. Así como las actividades humanas pueden causar o agravar los efectos destructivos de los fenómenos naturales, ellas también pueden eliminarlos o reducirlos.

En este sentido, la naturaleza biosférica está dotada de una cierta elasticidad o tolerancia, la cual, al igual que la paciencia humana, tiene su límite. Por lo cual, lo que debemos cuidar es de no sobrepasar dicho margen mediante una planificación basada en la gestión integral bajo la óptica del desarrollo sustentable

A este respecto, la UNDR0 (United Nations Disasters and Risks Organization) señala que la prevención consiste en la formulación y aplicación de políticas y programas a largo plazo para prevenir o eliminar los desastres, y está basada en análisis de vulnerabilidad a todos los riesgos, comprendiendo la adopción de medidas legislativas y reglamentarias, principalmente en lo que se refiere a la planificación del medio físico y urbano, las obras públicas y la construcción.

Por lo tanto, la prevención abarca las medidas destinadas a impedir que los fenómenos naturales causen o entrañen desastres, o creen otras situaciones de emergencia análoga.

Esto último plantea, según la UNDR0, la necesidad de una Planificación Previa, entendida como una acción encaminada a reducir al mínimo las pérdidas de vidas humanas y los daños materiales, así como disponer y facilitar a tiempo, y de la manera más eficaz, las operaciones de salvamento, socorro y rehabilitación en caso de desastre.

Dicha planificación debe estar amparada por la legislación y comprende una serie de acciones, las que deben formar parte tanto de un Plan de Emergencia ante desastres, como de un Plan de Prevención que propenda a mitigar los efectos de los procesos naturales de mayor magnitud.

Lo anterior concuerda con lo señalado por la OEA en cuanto a que, dentro de las estrategias para la incorporación de los desastres naturales en la planificación integrada y desarrollo de un país, la política que ha probado ser más efectiva para conseguir reducciones reales de los impactos de los desastres naturales en el largo plazo, es la incorporación de la evaluación de los

FASES DE UN DESASTRE POR CAUSAS NATURALES  
Y PLAN DE PREVENCIÓN

riesgos naturales (amenaza asociada a la ocurrencia de un evento natural y vulnerabilidad de los sujetos o elementos de una comunidad expuestos a la amenaza), lo mismo que de los programas de mitigación asociados, tanto en el proceso de planificación integrada de desarrollo de un país o región, como en la formulación de los proyectos de inversión específicos y en su materialización. (Ayala, 1994).

En tal sentido, una "política sobre prevención y mitigación de desastres naturales", debería quedar integrada naturalmente en el proceso de planificación, del mismo modo como intervienen los aspectos administrativos, económicos y sociales.

De esta manera también quedarían definidas las responsabilidades para contribuir a que se impongan ciertos instrumentos y se respeten medidas destinadas a alcanzar los resultados proyectados: legales, fiscales, financieros, técnicos, administrativos, etc.

La OEA plantea los siguientes objetivos para incentivar entre sus estados miembros la adopción de un enfoque integral como el descrito:

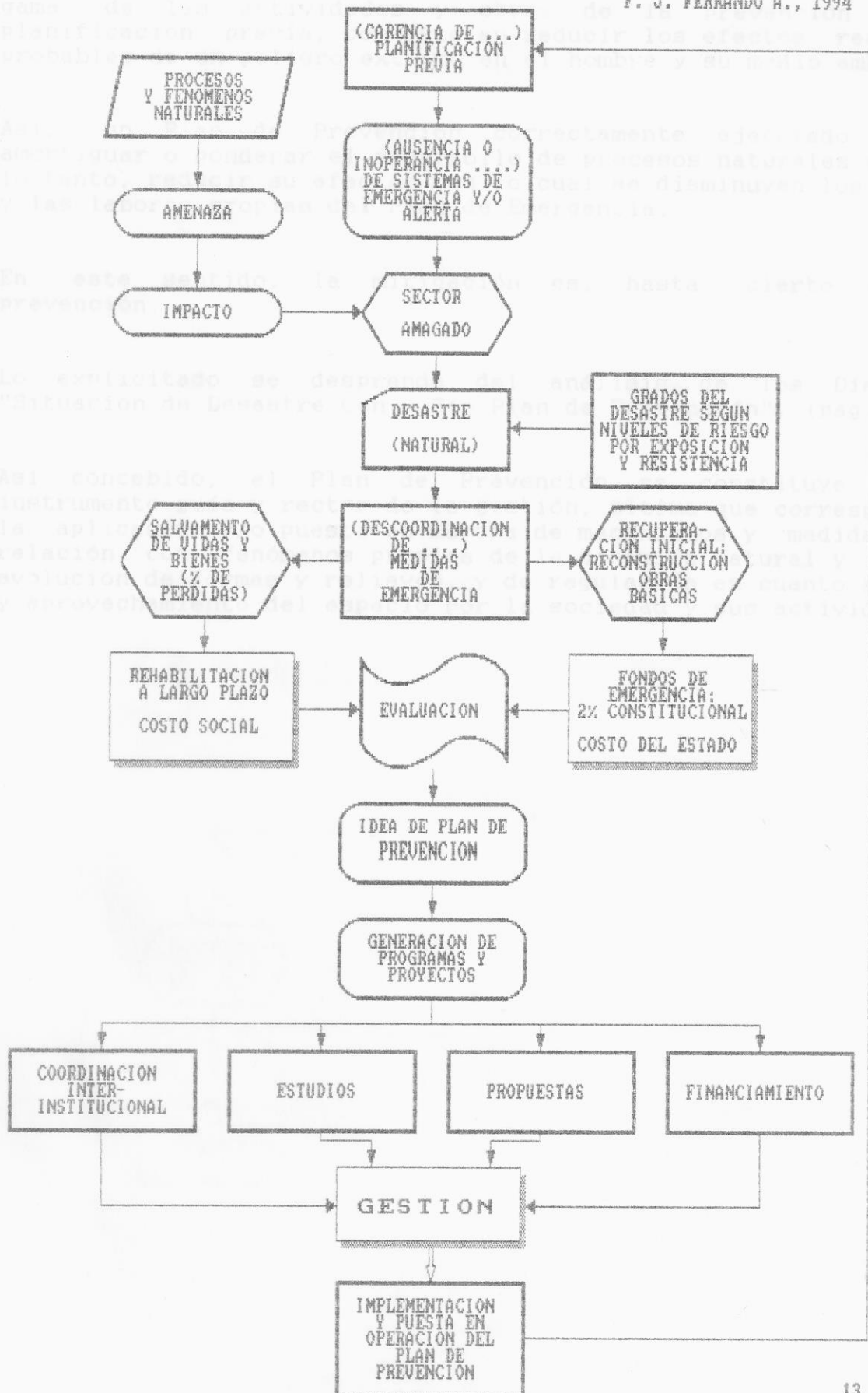
- Incorporar consideraciones sobre amenazas de desastres naturales al inicio del proceso de planificación y de la formulación de los proyectos de inversión.
- Incrementar el valor que tiene asociada la reducción de riesgos al evaluar los proyectos de inversión.
- Aumentar la proporción de los gastos destinados a las actividades de prevención comparados con los de emergencia, rehabilitación y reconstrucción post desastre.

Lo expuesto está reflejado en el Diagrama "Fases de un Desastre por Causas Naturales" (pág. 14).



# FASES DE UN DESASTRE POR CAUSAS NATURALES Y PLAN DE PREVENCIÓN

F. J. FERRANDO A., 1994





## SITUACION DE DESASTRE SIN PLAN

Al respecto, el concepto de Mitigación, el cual abarca la amplia gama de las actividades y obras de la prevención y la planificación previa, consiste en reducir los efectos reales o probables de un peligro extremo en el hombre y su medio ambiente.

Así, un Plan de Prevención correctamente ejecutado puede amortiguar o ponderar el desarrollo de procesos naturales y, por lo tanto, reducir su efecto, con lo cual se disminuyen los costos y las labores propias del Plan de Emergencia.

En este sentido, la mitigación es, hasta cierto punto, prevención.

Lo explicitado se desprende del análisis de los Diagramas "Situación de Desastre Con y Sin Plan de Prevención". (pág. 16).

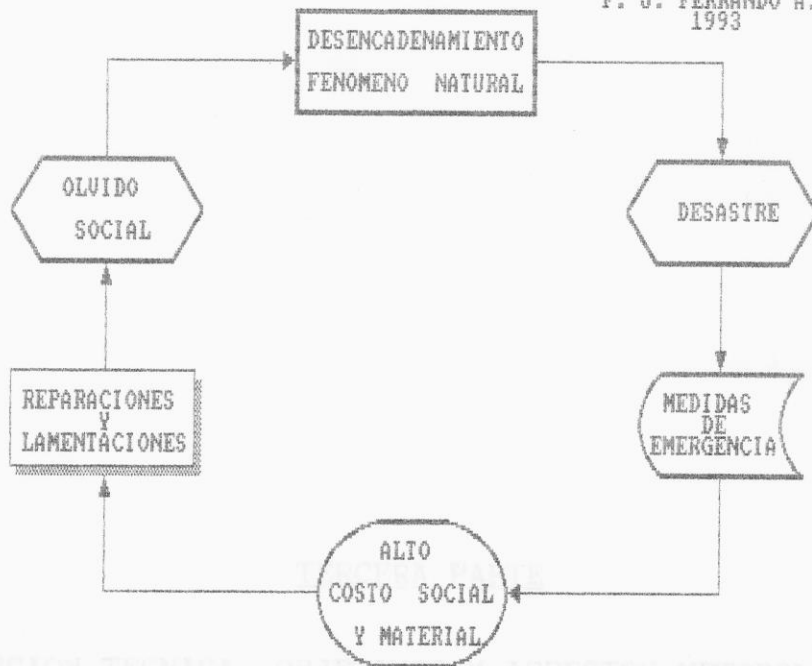
Así concebido, el Plan de Prevención se constituye en un instrumento guía y rector de la gestión, última que corresponde a la aplicación y/o puesta en marcha de mecanismos y medidas, en relación con fenómenos propios de la dinámica natural y de la evolución de formas y relieves, y de regulación en cuanto al uso y aprovechamiento del espacio por la sociedad y sus actividades.

## SITUACION DE DESASTRE CON PLAN DE PREVENCION

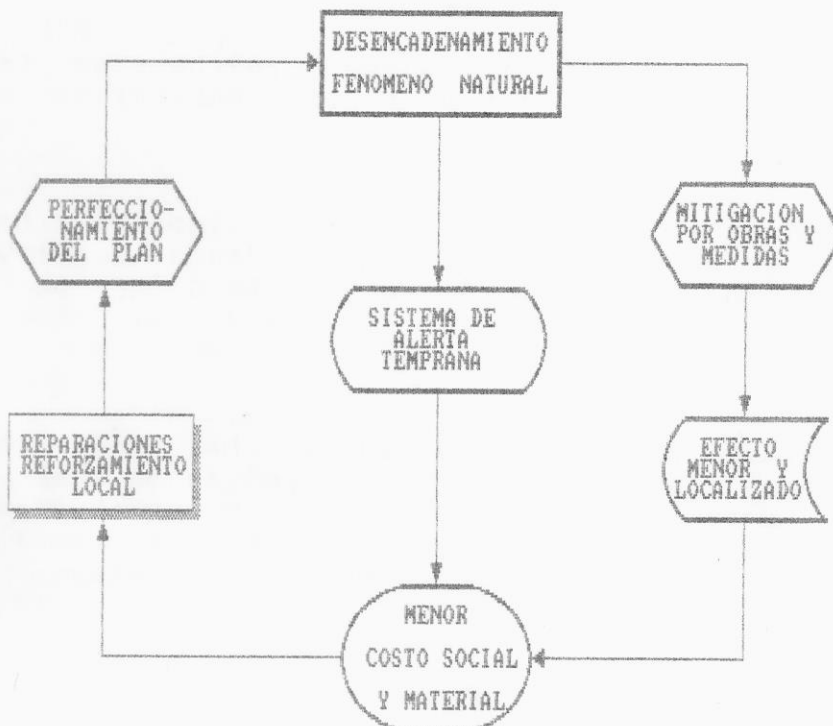


## SITUACION DE DESASTRE SIN PLAN DE PREVENCION

F. J. FERRANDO A.  
1993



## SITUACION DE DESASTRE CON PLAN DE PREVENCION



## V.- CONCEPCIÓN TÉCNICA DEL BANCO DE AMENAZAS Y RIESGOS

En el Anexo I, Punto de Fundación de Trabajos, servicios y Especificaciones (Términos de Referencia) del Contrato establecido entre ONEMI, la Fundación para la Transferencia Tecnológica y la Universidad de Chile, se establece bajo el artículo Código 25. Actividades que Apoyará 2 (a) lo siguiente en relación a esta:

"Definición de Parámetros para establecer un Banco Nacional de Riesgos y Amenazas Naturales y criterios para su diseño, considerando básicamente lo siguiente:

- Estructuración de un Sistema de Base de Datos temáticos para la identificación de amenazas naturales

### TERCERA PARTE

- Solución informática de acceso rápido, simple, procesable en tiempo real y fácilmente operable para usuarios con

### CONCEPCIÓN TÉCNICA, OBJETIVOS Y ASPECTOS METODOLÓGICOS

- Modelo estructurado de la información en un sistema de red a nivel de PC, con capacidad para seguir a sistemas mayores.

- Dispositivos y programas que contemplen la posibilidad de efectuar análisis multifactoriales y multicriterios.

- Capacidad para editar imágenes, incluyendo mapas de riesgo de distinta complejidad, estática, dinámica y niveles de integración múltiple.

- Capacidad para configurar simulaciones (generación) basadas en perturbaciones hipotéticas, para evaluaciones de posibles efectos de una o más variables que interactúan en desastres naturales.

De acuerdo a lo citado, el Banco Nacional de Riesgos y Amenazas Naturales debe constituirse en una herramienta de decisión para el desarrollo de programas de prevención, atención, recuperación y perfeccionamiento de medidas y acciones frente a desastres naturales, todo ello asistido por modernas técnicas de computación.

## V.- CONCEPCION TECNICA DEL BANCO DE AMENAZAS Y RIESGOS

En el Anexo I, Punto a) Enunciación de Trabajos, servicios y Especificaciones (Términos de Referencia), del Contrato establecido entre ONEMI, la Fundación para la Transferencia Tecnológica y la Universidad de Chile, se establece bajo el acápite Código 25, Actividades que Apoyará 2.1.a) lo siguiente en relación a ésta:

"Definición de Parámetros para establecer un Banco Nacional de Riesgos y Amenazas Naturales y criterios para su diseño, considerando básicamente lo siguiente:

- Estructuración de un Sistema de Base de Datos temáticos para la identificación de amenazas naturales.
- Solución informática de acceso rápido, simple, procesable en tiempo real y fácilmente operable para usuarios con entrenamiento primario.
- Manejo estructurado de la información en un sistema de red a nivel de PC, con capacidad para migrar a sistemas mayores.
- Dispositivos y programas que contemplen la posibilidad de efectuar análisis multifactoriales y multicriterios.
- Capacidad para editar imágenes, incluyendo mapas de riesgo de distinta complejidad, escala, dinámica y niveles de integración múltiple.
- Capacidad para configurar simulaciones (escenarios), basados en perturbaciones hipotéticas, para evaluaciones de posibles efectos de una o más variables que interactúen en desastres naturales."

De acuerdo a lo citado, el Banco Nacional de Riesgos y Amenazas Naturales debe constituirse en una herramienta de decisión para el desarrollo de programas de prevención, atención, recuperación y perfeccionamiento de medidas y acciones frente a desastres naturales, todo ello asistido por modernas técnicas de computación.

Lo anterior implica necesariamente el contar con una adecuada base de datos, entendiéndose como tal no una gran cantidad de información, puesto que ello haría inoperativo el sistema, sino información seleccionada en base a su carácter indicador de las condiciones y proclividad del desencadenamiento de procesos naturales que alcancen la magnitud de amenaza.

Es en este sentido que, en base a los conocimientos y experiencia de especialistas, se deben identificar las variables claves o "válvulas" que mediante los valores de alcancen en relación a umbrales preestablecidos, y su ocurrencia simple o combinada dentro de contextos espacio-temporales superpuestos, permitan diagnosticar las situaciones de amenaza con la antelación suficiente.

En este sentido, es fundamental la rápida adquisición o acceso de la información, su pronta manipulación, y la obtención de resultados georeferenciados indicativos de la situación espectable o por presentarse, su magnitud y la probable área a ser afectada.

## VI.- OBJETIVOS

Atendiendo a lo señalado, y como resultado concreto de la asesoría brindada al organismo ejecutor del Proyecto, este comité se planteó los siguientes objetivos a fin de apoyar la Actividad 2.1.a.:

- Entregar los antecedentes y caracterizar el contexto físico-ambiental desde un punto de vista dinámico, y su trascendencia en la interrelación e interacción hombre-medio.
- Determinar los principales conjuntos de procesos naturales cuyo aumento de magnitud puede o suele llevarlos a la condición de amenaza.
- Identificar los procesos en forma particular y analizarlos en razón de sus mecanismos causales, factores, procesos, resultados y consecuencias, e indicar los aspectos a considerar para su evaluación, diferida espacio-temporalmente.
- Seleccionar y justificar las variables claves indicativas y evaluativas de la condición de amenaza que pueden desarrollar cada uno de ellos, a fin de recomendar su inclusión en la estructura del Banco de Riesgos y Amenazas Naturales.

El desarrollo de estos constituye el grueso de este informe.

## VII.- ASPECTOS METODOLOGICOS Y ORGANIZACION DEL TRABAJO

Frente a esta concepción y declaración de contenidos, el equipo asesor, en su función de apoyo al desarrollo de este "Banco" ha estado dedicado a establecer, por una parte, cierta conceptualización básica y claridad en relación a la dinámica natural, sus mecanismos y factores, y la interacción entre los procesos evolutivos del medio físico, sus cambios de magnitud, y la interacción con los asentamientos y actividades antrópicas.

Por otra parte, se ha avanzado en la definición y estructuración del Sistema en su base computacional, acondicionada a un ambiente SIG, estableciéndose las posibilidades y limitaciones reales. El desarrollo de esta fase está supeditada, en parte, a la definición de los criterios y variables claves a contener por el Banco, en relación a las distintas amenazas naturales y los riesgos que estas entrañen, así como también a las posibilidades del Software seleccionado por el contratante.

### ANÁLISIS DE LOS PROCESOS FÍSICO-AMENAZAS

A fin de llevar a cabo las labores de apoyo señaladas, se han desarrollado una serie de reuniones de trabajo conjunta, así como también se han elaborado por parte del Coordinador algunos documentos relacionados con los contenidos y alcances de la función asesora, así como otros orientadores y enumeradores de los conjuntos o familias de procesos naturales con carácter de Amenaza, sus factores, causas y consecuencias.

Todos estos documentos, además de formar parte del Primer Informe de Avance, fueron distribuidos a los miembros del equipo asesor para su análisis y desarrollo.

De este modo, cada miembro de este equipo ha contado con la información de base para el desarrollo de cada una de sus partes, correspondientes a su especialidad científica. Paralelamente, se llevaron a cabo reuniones específicas entre el Coordinador y algunos de los miembros del grupo para la definición de los alcances y contenidos de labores particulares, implicando ello traslados del Coordinador tanto dentro como fuera de Santiago.

Se estableció un plazo de entrega de los resultados parciales al Coordinador para su integración y conformación de un informe final respecto del apoyo a esta actividad, a fines de Julio-1994, a fin de contar con el tiempo suficiente para llevar a cabo la revisión y estructuración de este, cuyo plazo de entrega según se indica el en Punto II, Art. Tercero, Letra a) del contrato, es el 9 de Septiembre de 1994.

## VIII ANÁLISIS DE LOS PROCESOS FÍSICO-AMBIENTALES

Dentro del ámbito de los procesos que se desarrollan en el medio ambiente físico, se presenta a continuación un listado de algunos de ellos, considerados como fenómenos producto de las dimensiones que pueden alcanzar tanto en el tiempo como en el espacio, en sus efectos directos e indirectos, llegando a desarrollar manifestaciones de amenaza o peligro en cada caso, y como una introducción al análisis, se indican además los principales factores, las consecuencias, y los posibles métodos para su evaluación.

En una primera fase, los procesos geodinámicos que pueden desarrollarse pueden ser clasificados de acuerdo a la siguiente forma:

1.- Procesos Geológicos (Sismicos y Volcánicos)

### CUARTA PARTE

2.- Procesos Hidro-Geomorfológicos

## ANÁLISIS DE LOS PROCESOS FÍSICO-AMBIENTALES

3.- Procesos Hidro-Meteorológicos

Cada uno de estos grupos está integrado por diversos procesos, los cuales se indican y describen a continuación, considerando su origen, tipos de actividad resultante, tipos de productos, efectos y evaluación.

En relación a este último aspecto, se definen tres dimensiones espacio-temporales:

10.- El de la Amenaza o Peligro, la cual se traduce en la selección y manejo de variables e indicadores que permitan establecer áreas de peligro potencial, y que, por lo tanto, guíen la prevención de las amenazas en su lugar de origen.

20.- El del Riesgo en cuanto al estado y diseño de obras y medidas de prevención y mitigación en los sectores expuestos a los efectos de la amenaza.

30.- El de la Atención del Desastre en cuanto a la priorización de las medidas a llevar a cabo tanto durante como después de la manifestación de un fenómeno natural de efectos desastrosos.

En relación a cada uno de ellos y a la tipología de fenómenos naturales de efectos deteriorantes y/o destructivos que se indica, se deben determinar los factores y variables a considerar por el sistema SIG del Banco Nacional de Riesgos y Amenazas Naturales.



## VIII.- ANALISIS DE LOS PROCESOS FISICO-AMBIENTALES:

Dentro del ámbito de los procesos que se desarrollan en el medio ambiente físico, se presenta a continuación un listado de algunos de ellos, considerados como trascendentes producto de las dimensiones que pueden alcanzar tanto en sí como en cuanto a sus efectos directos e indirectos, llegando a desarrollar magnitudes de amenaza o peligro. En cada caso, y como una introducción al análisis, se indican además los principales factores, las consecuencias, y los posibles indicadores para su evaluación.

En una primera fase, los procesos geodinámicos que pueden desarrollar niveles de amenaza pueden ser clasificados de la siguiente forma:

- 1.- Procesos Geológicos (Sísmicos y Volcánicos)
- 2.- Procesos Hidro-Geomorfológicos
- 3.- Procesos Hidro-Meteorológicos

Cada uno de estos grupos está integrado por diversos procesos, los cuales se indican y descomponen a continuación, considerando su origen, tipos de actividad resultante, tipos de productos, efectos y evaluación.

En relación a este último aspecto, se definen tres dimensiones espacio-temporales:

10.- El de la Amenaza o Peligro, la cual se traduce en la selección y manejo de variables e indicadores que permitan establecer áreas de peligro potencial, y que, por lo tanto, guíen la prevención de las amenazas en su lugar de origen.

20.- El del Riesgo en cuanto al estudio y diseño de obras y medidas de prevención y mitigación en los sectores expuestos a los efectos de la amenaza.

30.- El de la Atención del Desastre, en cuanto a la priorización de las medidas a llevar a cabo tanto durante como después de la manifestación de un fenómeno natural de efectos desastrosos.

En relación a cada uno de ellos y a la tipología de fenómenos naturales de efectos deteriorantes y/o destructivos que se indica, se deben determinar los factores y variables a considerar por el sistema SIG del Banco Nacional de Riesgos y Amenazas Naturales.

## 1.- PROCESOS GEOLOGICOS

De acuerdo a lo expresado precedentemente, se ha incluido bajo esta denominación a dos tipos principales de actividades endógenas, cuya manifestación exógena involucra niveles variables de amenaza y riesgo. Estas son los procesos sismológicos y los volcánicos.

### 1.a.- MOVIMIENTOS TELURICOS O SISMOLOGIA

Como pauta para orientar el análisis de estos procesos, sus orígenes, causas, efectos y consecuencias, así como para la determinación de las variables claves a considerar en el diseño del Banco por parte del especialista correspondiente, se preparó la siguiente propuesta-desglose de aspectos a considerar.

#### 1.a.1.- Origen (Mecanismos Causales) de la Actividad Sísmica:

- Dinámica de Placas
- Subducción
- Extrusiones (Volcanismo)
- Tectónica (Compresiones, Distensiones, Intrusiones)

#### 1.a.2.- Tipos de Actividad Resultantes

- Movimientos Telúricos (Sismos, Terremotos, Temblores)
- Movimientos de Bloques (Solevantamientos, Hundimientos)
- Fallamientos
- Plegamientos
- Maremotos

#### 1.a.3.- Tipos de productos

- Cambios en la topografía:
  - Surgimiento de relieves
  - Cambio de trazado de valles
  - Desnivelaciones (cambios de pendiente)
  - Alteraciones altimétricas

#### 1.a.4.- Efectos:

##### - Físicos:

- Deslizamientos y derrumbes (desplomes)
- Aparecimiento de escarpes
- Hundimientos de terreno
- Formación de grietas
- Obstrucción de valles
- Ondulación del terreno

##### - Económicos:

- Derrumbe de edificios
- Destrucción de puentes y caminos
- Daño de viviendas acorde al mat. de construcción
- Daño o destrucción de redes de suministros (luz, agua, gas, teléfonos)
- Daño o destrucción de represas
- Daño de canales de riego y bocatomas en general

#### 1.a.5.- Evaluación

##### - Evaluación de la Amenaza: (prevención)

- Antecedentes histórico-sísmicos
- Análisis Geológico - Estructurales (naturaleza litológica; sistema de fallas regionales)
- Análisis locacional en relación a las "placas continentales" (márgenes de subducción)
- Análisis de recurrencia - intensidad

- Conducente a:
- Zonificar areas en función del comportamiento sísmico
  - Perfeccionar normativas y técnicas de construcción y regular el uso del suelo
  - Desarrollar campañas educativas respecto de las conductas y medidas preventivas a adoptar pre-sismo y durante estos

##### - Evaluación del Riesgo:

- Sistemas de monitoreo sísmico
- Sistemas interconectados de información
- Sistemas de detección de cambios anómalos en la temperatura del subsuelo
- Medidores de actividad volcánica en las dorsales

Conducente a: - Implementar sistemas de detección temprana de probable actividad sísmica (configuración de escenario)

- Diseñar medidas de alerta a la población

- Evaluación de las consecuencias

- Informes de daños infraestructurales y localización

- Inventario de edificios y casas dañados o destruidos y su localización en relación al foco del sismo

- Censos de muertos y heridos

- etc.

Conducente a: - Dimensionar y brindar la ayuda en forma adecuada y controlada

- Perfeccionar los sistemas de ayuda (recolección, almacenaje, distribución).

- Formular planes de reconstrucción

En las páginas siguientes esta temática es desarrollada por el especialista del equipo asesor, Geólogo y Geofísico Sr. Edgar Kausel Vecchiola.

## P E L I G R O   S I S M I C O

Prof. EDGAR KAUSEL V.  
Departamento de Geofísica - FCFM  
UNIVERSIDAD DE CHILE

Una estimación de los peligros generados por la ocurrencia de sismos en Chile, involucra un estudio detallado de las causas, características y distribución espacial de la sismicidad del país.

Los principales parámetros que controlan la sismicidad a lo largo de Chile entre Arica y la Península de Taitao son la velocidad relativa de convergencia entre las placas tectónicas de Sudamérica y de Nazca, la inclinación del plano de Benioff, la distancia de separación entre la fosa marina y la costa sudamericana, la edad geológica de la placa subductada y su variación norte-sur.

Al sur de la Península de Taitao la sismicidad se reduce casi a cero, aumentando nuevamente al sur de los 56°S a lo largo de una falla NW-SE que se inicia en la boca occidental del Estrecho de Magallanes, siguiendo por el Seno Almirantazgo, Lago Fagnano e introduciéndose en el Océano Atlántico por el borde sur-este de Tierra del Fuego. Las características geofísicas y geológicas de las distintas zonas sísmicas se reflejan en la distribución, frecuencia y magnitud de los sismos. Regiones con características sísmicas similares deben ser claramente identificadas. Se definen así lo que técnicamente se conoce como fuentes sísmicas.

Los límites espaciales de cada fuente sísmica deben determinarse con precisión. Se entiende por fuente sísmica aquel espacio del interior de la tierra caracterizado por una sismicidad uniforme, con eventos de origen y mecanismo similar. La relación frecuencia-magnitud de cada fuente se define a partir de la ley de Gutenberg-Richter

$$\log N = a - bM$$

Donde: N= Número de sismos por año de magnitud igual o mayor a M,  
a y b= Constantes que caracterizan la fuente sísmica.

Cada fuente está caracterizada también por la magnitud máxima (M<sub>máx</sub>) que puede ocurrir en ella.

Los catálogos sísmicos son elementos esenciales para definir  $M_{m\acute{a}x}$ ,  $a$  y  $b$ , y los límites espaciales de cada fuente. La caracterización de la tectónica y geología es también de gran ayuda para la definición de las propiedades sísmicas de las fuentes sísmicas.

Se supone además que la ocurrencia de los sismos sigue una distribución de Poisson en el tiempo, lo que permite a la postre asignar probabilidades de ocurrencia.

Otro parámetro importante para la evaluación del peligro sísmico es la relación de atenuación de los movimientos fuertes en función de magnitud y distancia. Se utiliza generalmente una relación de la forma:

$$A_{m\acute{a}x} = \frac{cM}{(R+d)^n}$$

Donde:  $A_{m\acute{a}x}$  = Aceleración máxima, en  $cm/seg^2$ , que experimenta un sitio ubicado a una distancia hipocentral  $R(km)$  de un sismo de magnitud  $M$ .

$c$ ,  $d$  y  $n$  = Constantes que caracterizan la atenuación.

Los elementos anteriores permiten el cálculo, para cada sitio de interés, de la aceleración máxima esperada con un cierto porcentaje de probabilidad de ser excedida en  $T$  años.

El cálculo del peligro sísmico para una malla de sitios a lo largo y ancho del país, posibilita el trazado de curvas de igual peligro para nuestro territorio (mapa de peligro sísmico).

El parámetro aceleración máx. ( $A_{m\acute{a}x}$ ) puede ser reemplazado por la intensidad máx. esperada (Escala de Intensidades de Mercalli Modificada o IMM), variable que es más útil para su uso en oficinas de emergencia por ser más fácil de comprender por la población en términos de sus efectos sobre el hombre y sobre las construcciones creadas por él.

El mapa de peligro sísmico en términos de IMM es válido para terrenos de buena calidad, y debe ser modificado localmente tomando en cuenta el tipo de suelo, ya que es conocido que las intensidades pueden ser mayores en hasta unos dos grados por efecto de suelos sedimentarios blandos de origen reciente, o terrenos artificiales con mala compactación.



Resumiendo, la determinación del peligro sísmico, definido como la probabilidad de que ciertos niveles de Intensidad de Mercalli Modificada (IMM) sean sobrepasados en un período dado de tiempo, se logra haciendo uso de parámetros que varían a lo largo del país, tales como :

- fuentes sísmicas
- variaciones en las relaciones frecuencia-magnitud
- magnitud máxima
- curvas de atenuación de IMM en función de M y R.

El mapa de peligro sísmico así obtenido refleja el nivel de intensidades que pueden alcanzarse en terrenos de buena calidad (roca o similar). El suelo local puede aumentar o disminuir las intensidades así calculadas por lo que se requiere la confección de un mapa geológico simplificado para anticipar estos posibles cambios.

La superposición del mapa de peligro sísmico y del mapa geológico generalizado representa el Peligro Sísmico real.

#### 1ª Etapa

La confección de la carta de peligro sísmico con inclusión del efecto del suelo constituye la 1ª etapa del proyecto que servirá para estudios de prevención sísmica son parte de ONEMI.

#### 2ª Etapa

En una segunda etapa se preparará un programa de un grado mucho mayor de sofisticación que permita simular las consecuencias (peligro, riesgo, pérdidas, etc.) de un sismo de magnitud y epicentro dados.

El programa calculará la distribución de intensidades y aceleraciones máximas que el sismo seleccionado produciría en toda la región afectada, tomando en cuenta condiciones de suelo y sus probabilidades de licuación, indicaría las zonas expuestas a hipotéticos derrumbes, avalanchas, deslizamientos, etc. A partir de la distribución de caminos, puentes y otras infraestructuras, estimaría las probables pérdidas económicas, consecuencias de posibles cortes de caminos por daños en puentes, terraplenes, pavimento.



El programa también puede ser usado en tiempo real: Conocido el epicentro y magnitud aproximados de un sismo ocurrido hace pocos momentos atrás, el programa podría adelantar los posibles daños causados y extensión de los mismos, en la forma descrita anteriormente.

#####

#### APENDICE:

Se anexa en Apéndice el documento que sobre esta temática ha sido desarrollado por el Dr. Michell Hermellin en 1987, denominado "SISMOS Y RIESGO SISMICO", así como también un instructivo educacional sobre que hacer antes, durante y después de un movimiento telúrico. Este documento se denomina "ANTECEDENTES Y ACTITUDES ANTE TERREMOTOS" y fue desarrollado por el Servicio de Protección Civil de Portugal.

- Voic. Eructivo (Centra)
- Voic. Erusivo (Fisural)
- Voic. secundario:
  - fumarolas
  - Solfataras
  - Fenómenos hidrotermales
- Geisera

#### 1.3.3. Tipos de Productos

- Coladas (más o menos fluidas)
- Piroclastos (bombas, lapilli, cenizas)
- Nubes ardientes
- Lahares
- Avalanchas
- Gases
- Aguas mineralizadas
- Aguas templadas (fuentes hidrotermales)

#### 1.3.4. Efectos Directos

- Lluvia y deposición de Cenizas
- Deshielo de Glaciares
- Fusión nival acelerada
- Destrucción de la Flora y la Fauna
- Obstrucción de valles y cauces
- Pérdida de suelos
- Enriquecimiento de suelos pobres en el corto plazo
- Generación de Yacimientos metálicos y no metálicos

## 1.b.- VOLCANISMO

En relación con el volcanismo, su génesis, los tipos de manifestaciones o actividad, los productos, sus características y consecuencias, se planteó al experto encargado el siguiente esquema básico de análisis.

### 1.b.1.- Origen (Mecanismos Causales)

- Dinámica de Placas
- Subducción
- Inyección magmática por planos de discontinuidad

### 1.b.2.- Tipos de Actividad Resultante

- Volc. Eruptivo (Central)
- Volc. Efusivo (Fisural)
- Volc. secundario:
  - Fumarolas
  - Solfataras
  - Fenómenos hidrotermales
- Geisers

### 1.b.3.- Tipos de Productos

- Coladas (más o menos fluidas)
- Piroclastos (bombas; lapillis; cenizas)
- Nubes ardientes
- Lahares
- Avalanchas
- Gases
- Aguas mineralizadas
- Aguas temperadas (fuentes hidrotermales)

### 1.b.4.- Efectos Directos

- Lluvia y depositación de Cenizas
- Deshielo de Glaciares
- Fusión nival acelerada
- Destrucción de la Flora y la Fauna
- Obstrucción de valles y cauces
- Pérdida de suelos
- Enriquecimiento de suelos pobres en el corto plazo
- Generación de Yacimientos metálicos y no metálicos

#### 1.b.5.- Efectos Indirectos

##### - Dañinos:

- Pérdida de cultivos
- Daño o destrucción de viviendas
- Daño o destrucción de obras de infraestructura
- Muerte de ganado

##### - Benéficos:

- Actividad Minera
- Actividad Turística (Recurso paisajístico)
- Energía geotérmica

#### 1.b.6.- Evaluación

##### - Evaluación de la Amenaza :

- Volcanismo Histórico:
  - Tefrocronología
  - Ciclos de Actividad
  - Recurrencia de actividad
  - Tipos de actividad y productos

Conducente a: Determinar las características del volcanismo local en todos sus aspectos.

##### - Evaluación del Riesgo

- Antecedentes Históricos
- Análisis Locacional
- Delimitación de áreas y niveles de riesgo o exposición al fenómeno y sus productos.

Conducente a: -Formular programas de erradicación o de relocalización

-Diseñar e instalar sistemas de vigilancia, detección y alerta temprana (1)

-Dimensionamiento de programas y equipos para las fases pre-eruptiva y eruptiva.

---

(1) Indicadores a considerar :

- Microsismicidad
- Temperatura del suelo y subsuelo
- Actividad fumarólica y solfatárica
- Aumento de volumen del edificio volcánico
- Agrietamiento de hielo y rocas
- Incremento inusual de caudales

Otros : - Dirección, persistencia y fuerza de los vientos  
- Geomorfología  
- Pendientes  
(influyen en el direccionamiento de los flujos)

- Evaluación de las Consecuencias

- Determinación de daños y pérdidas de vidas y bienes
- Activamiento de Programas de ayuda post-erupción
- Confrontación de la zonificación de riesgo con las áreas afectadas

1 - GENERALIDADES DE LOS VOLCANES

Conducente a: - Perfeccionamiento de planes, programas de ayuda y zonificación del uso del suelo.

Los volcanes existen y han tenido un rol importante en la evolución de la corteza de nuestra planeta. En una escala de tiempo geológica, las erupciones han sido un agente de cambio diverso, dando lugar a variados elementos del relieve y creando suelos fértiles, los cuales han nutrido la vegetación y la civilización. En cambio, en una escala humana, las erupciones vulcánicas aparecen como adversas y afectando directamente a la sociedad, tanto a las personas como a sus bienes y territorios.

--0--

A continuación se presenta el desarrollo de esta temática, la cual ha sido llevada a cabo por el Geólogo-Vulcanólogo miembro del equipo, Sr. Hugo Moreno R., en base a un documento de trabajo titulado "CRITERIOS PARA EL DISEÑO DEL BANCO NACIONAL DE RIESGOS Y AMENAZAS VOLCANICAS".

Considerando como "volcanes activos" sin embargo, el conocimiento actual advierte que los volcanes prehistóricos y, en consecuencia, no listados entre los activos, son los que han producido las erupciones más violentas y con resultados desastrosos. Dos tercios de los históricamente activos (\*) están localizados a lo largo o próximos a los bordes de las placas tectónicas en la región circumpacífica.

Comúnmente, cerca de 50 volcanes entran en erupción cada año, y este promedio de frecuencia de erupciones no tiene una cadena apreciable en tiempo histórico (Starkie et al., 1971). Se ha estimado que cerca de 260 millones de personas (cerca del 10% de la población mundial) viven en o próximas a volcanes potencialmente peligrosos (Paterson, 1986).

(\*) En nuestro territorio chileno el término "histórico" data sólo desde hace 460 años, en otros lugares del mundo comprende varios miles de años, por consiguiente es un poco muy ambiguo. Sería más adecuado aplicar el término "volcan activo" a aquel que ha experimentado actividad durante, por lo menos, la Era Cristiana.

\* Departamento de Geología, U. de Chile; Dirección actual: SERNAGEOMIN; Fono: 737-5050; Fax: 777-1906; Santiago, Fono-Fax: 345-24315; Temuco.

CRITERIOS PARA EL DISEÑO DEL BANCO NACIONAL DE  
RIESGO Y AMENAZAS VOLCANICAS (ONEMI)

Documento de Trabajo Nº 1, Agosto de 1994

por: Hugo Moreno Roa\*

## 1.- GENERALIDADES DE LOS VOLCANES

Los volcanes tienen y han tenido un rol importante en la evolución de la corteza de nuestro planeta. En una escala de tiempo geológico, la actividad volcánica ha formado estructuras diversas, dando lugar a variados elementos del relieve y creado suelos fértiles, los cuales han nutrido la vegetación y la civilización. En cambio, en una escala humana, las erupciones volcánicas aparecen como adversas y afectando directamente a la sociedad; tanto a las personas como a sus bienes y territorios.

Más de 1.300 volcanes han tenido erupciones durante los últimos 10.000 años y cerca de la mitad, tienen actividad con registro histórico y se han considerado como "volcanes activos". Sin embargo, el conocimiento actual advierte que los volcanes prehistóricos y, en consecuencia, no listados entre los activos, son los que han producido las erupciones más violentas y con resultados desastrosos. Dos tercios de los históricamente activos (\*), están localizados a lo largo o próximos a los bordes de las placas tectónicas en la región circumpacífica.

Comúnmente, cerca de 50 volcanes entran en erupción cada año, y este promedio de frecuencia de erupciones no tiene una cadena apreciable en tiempo histórico (Simkin et al, 1981). Se ha estimado que cerca de 360 millones de personas (cerca del 10% de la población mundial) viven en, o próximos, a volcanes potencialmente peligrosos (Peterson, 1986).

---

(\*) En nuestro territorio chileno el término "histórico" data sólo desde hace 460 años, en otros lugares del mundo comprende varios miles de años, por consiguiente es un lapso muy ambiguo. Sería más adecuado aplicar el término "volcán activo", a aquel que ha experimentado actividad durante, por lo menos, la Era Cristiana.

---

\* Departamento de Geología, U. de Chile; Dirección actual: SERNAGEOMIN;  
Fono: 737-5050; Fax: 777-1906; Santiago. Fono-Fax: 045-240815; Temuco.

Debido a la rápida y no planificada expansión demográfica, principalmente en los países densamente poblados y a la frecuencia eruptiva de muchos volcanes, millones de personas se encuentran amenazadas por futuras erupciones. Es alarmante, por decir lo menos, que según las investigaciones recientes, se ha determinado que una erupción paroxísmica de las que no hay recuerdos en la historia humana, podría ocurrir en el futuro próximo (G.V.N., Smithsonian Institution, com. verbal).

Porque el "total abandono de las áreas volcánicas ... no es realista" (Walker, 1982), la comunidad científica y las autoridades civiles, encaran un crónico y creciente problema debido al riesgo potencial de futuras erupciones. En consecuencia, la planificación territorial en base a estudios rigurosos, ha llegado a ocupar un rol fundamental, si existe una voluntad decidida para evitar la perdida de vidas humanas.

Esta voluntad sólo se manifiesta cuando la autoridad y la comunidad entera, acepta los resultados de las investigaciones y aplica las recomendaciones en su totalidad, no disfrazando la realidad por intereses económicos y/o políticos.

## 2.- EL MAGMATISMO Y VOLCANISMO

Los materiales magmáticos fluyen desde las dorsales mesoceánicas, que se desplazan hacia los costados de ellas, a medida que nuevos aportes generan un incremento de los basaltos en los lechos oceánicos, originando un movimiento horizontal divergente, que culmina en el borde del continente.

Un ejemplo de convergencia que origina el proceso de subducción, se encuentra a lo largo de la costa chilena, donde la placa Nazca (formada por basaltos densos) se desliza bajo el continente sudamericano (constituido por rocas menos densas), a razón de 10 cm por año aproximadamente, generando una superficie de contacto inclinada, llamada zona de Benioff.

El volcanismo se genera cuando el magma alcanza la superficie de la Tierra. Este magma, elemento responsable del volcanismo, es el material silicatado fundido, a temperaturas de 900° a 1400° C, que se genera en el manto superior, a profundidades variables entre unos 70 a 300 km. El ascenso del magma se produce por la diferencia de densidades (líquido-sólido) a través de las fracturas de la corteza (oceánica o continental).

El magma tiene tres fases: una líquida silicatada, otra sólida (cristales) y una gaseosa, en la cual se encuentran compuestos como el H<sub>2</sub>O, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, HF, HCL, entre otros.



Al alcanzar la superficie, los gases escapan debido a la repentina disminución de la presión. Como consecuencia, el magma se expande y los gases escapan.

Los magmas se pueden clasificar según su composición, dependiendo de la cantidad de sílice ( $\text{SiO}_2$ ), la cual, varía desde 47% hasta 75%, en:

---

$\text{SiO}_2$ : 47 - 52%	52 - 63%	63 - 70%	70 - 75%
BASALTICOS	ANDESITICOS	DACITICOS	RIOLITICOS

---

Dependiendo del tipo de magma, la conducta eruptiva es muy diferente. En efecto, los magmas con una composición más baja en sílice, son de temperaturas más elevadas, densidades más altas y de mayor fluidez; por lo cual, al alcanzar la superficie, liberan los gases más fácilmente. Al contrario, los magmas ricos en sílice son más viscosos, por consiguiente, la liberación de gases es más dificultosa y violenta.

El volcanismo es un proceso endógeno y está controlado tectónicamente, o sea, su distribución depende de la disposición de fallas y fracturas de la corteza.

Tal vez lo más crítico en el estudio del volcanismo es que todos los volcanes son diferentes y tienen su propio comportamiento, lo cual obliga a conocerlos integralmente y en forma independiente. Las diferencias se deben fundamentalmente, a la presencia o ausencia de una cámara magmática o reservorio de magma, a la composición de éste, si existe una o más cámaras magmáticas, a los procesos de diferenciación magmática que tienen lugar durante el ascenso y almacenamiento del mismo, a la mezcla de magmas, a la antigüedad del volcán, estructura, etc.

En otras palabras, el estudio detallado de un volcán, sólo permite conocer su propia génesis, evolución y conducta. Este conocimiento no se puede extrapolar a otros volcanes.

La volcanología es una rama de la geología que comprende el estudio del magmatismo y los procesos eruptivos. En síntesis es "el estudio de las erupciones y el transporte del magma" (Sigurtson, 1987), con "énfasis en los volcanes potencialmente activos" (Tilling, 1987).



### 3.- ACTIVIDAD VOLCANICA, PRODUCTOS Y TIPOS DE VOLCANES

#### 3.1.- Actividad volcánica.

Volcán activo, se considera a aquel centro eruptivo con manifestaciones térmicas visibles y/o que ha registrado erupciones durante la Era Cristiana, en consecuencia, es capaz de entrar en erupción en cualquier momento. Un volcán geológicamente activo, es el que haya presentado actividad en los últimos 10.000 años y volcán dormido, al que no las haya tenido en igual período.

Incluso, entre los volcanes cuaternarios (últimos 1,8 millones de años), no es adecuado considerarlos volcanes extintos, pues se conocen muchos casos de evidente reactivación, después de varios miles de años.

La actividad fumarólica se refiere sólo al escape de los gases. Las fumarolas son de color blanco y principalmente se componen de vapor de agua. Las solfataras son fumarolas que incluyen  $H_2S$ , el cual se oxida y precipita azufre.

La actividad eruptiva o erupción volcánica se produce cuando la fase silicatada fundida y la fase sólida son emitidas en la superficie. Dependiendo de factores como la composición del magma, las erupciones pueden ser efusivas, cuando sólo fluye lava; explosivas cuando se eyectan partículas de diversos tamaños denominados piroclastos; o de ambos tipos combinados, es decir, efusivas y explosivas.

Las erupciones, en consecuencia, varían desde "tranquilas" o efusivas hasta "muy violentas" o altamente explosivas. Para cuantificar el grado de explosividad de las erupciones se ha propuesto un Índice de Explosividad Volcánica (IEV), que corresponde a una escala subjetiva del 0 al 8 (Newhall y Self, 1982), la cual pretende asignar una magnitud relativa.

Los tipos de erupciones definidas son:

- Hawaiianas: (IEV 0-1) Son erupciones tranquilas, de magmas pobres en sílice y no explosivas. El magma muy fluido, alcanza el cráter principal y fluye ("ríos de lava"). Por lo general, la columna eruptiva es inferior a los 1000 m. Por ejemplo, erupciones de los volcanes de Hawaii. Composición típica: basáltica.

- Estrombolianas: (IEV 1-3) Estas erupciones pueden o no presentar coladas de lava, pero sí eyección de piroclastos tipo escoria. Producen columnas eruptivas, desde 0,1 a 5 km de altura. Ejemplo: erupción del cono Navidad en 1988-90.

- Subplinianas: (IEV 3) Estas erupciones presentan eyección de escorias o pómez, con una columna eruptiva entre 5 y 15 km. Ejemplo, erupción del volcán Calbuco en 1961.

- Plinianas: (IEV 4-6) 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; IEV=5) y Hudson (1991; IEV=4).

- Ultraplínianas: (IEV 7- 8) La columna se eleva sobre los 40 kms. No hay ejemplos históricos de este tipo de erupciones catastróficas. El volcán Maipo tuvo una erupción de este tipo hace 450.000 años y el volumen de piroclastos alcanzó hasta 500 km<sup>3</sup>.

También se han definido erupciones Freatomagmáticas, las cuales ocurren cuando el magma entra en contacto con aguas subterráneas. Su IEV varía de 3 a 4. Se caracterizan por presentar un hongo con gran cantidad de vapor de agua y cenizas. Ejemplo: volcán Copahue en 1992.

### 3.2 Lavas y piroclastos.

Las lavas son muy variadas en morfología, rasgos superficiales, extensión y volumen, dependiendo fundamentalmente del grado de viscosidad, o sea, del contenido de sílice. En efecto, las lavas basálticas (muy fluidas) pueden alcanzar longitudes de 30 km, espesores menores que 10 m, cubrir cientos de km<sup>2</sup> y tener superficies lisas (tipo pahoehoe) o ásperas (tipo aa).

Al contrario, las lavas dacíticas o riolíticas (muy viscosas) no superan los 10 km de longitud, los espesores pueden superar los 100 m, cubren pocos km<sup>2</sup> y sus superficies son de bloques rocosos filosos de hasta varios metros de diámetro.

Los piroclastos son fragmentos expulsados por las explosiones, que tienen tamaños variables desde finísimas partículas (<0,001 mm) hasta bombas o bloques de unos 5 m de diámetro. La nomenclatura empleada es ceniza (<0,001- 2 mm), lapilli (2 - 64 mm) y bombas o bloques (>64 mm). Todas las bombas son del magma en erupción, es decir son de material juvenil.

Cuando este material fresco es poroso y de composición basáltica se le denomina escoria y cuando es silíceo se le llama pómez. Escoria: < 60% de sílice y densidad > 1 g/cm<sup>3</sup>; pómez: > 60% de sílice y densidad < 1 g/cm<sup>3</sup>. Generalmente, los bloques son fragmentos angulosos de rocas, arrastrados desde las paredes del conducto eruptivo.

### 3.3 Tipos de volcanes.

En cuanto a los tipos de volcanes, éstos dependerán de los materiales que los forman. Considerando que los productos volcánicos son las lavas y los piroclastos, los volcanes se clasifican según la predominancia de uno o de otro.

#### Volcanes de lava:

- Si la lava es fluida (tipo basáltica), los volcanes son de escudo, cuando el magma emerge desde un centro eruptivo principal o fisurales, si el magma es emitido a través de fracturas que pueden alcanzar hasta varios kilómetros de longitud. Presentan pendientes suaves iguales o menores que 10°. Como dato interesante, se debe destacar que los volcanes más voluminosos del Sistema Solar son los de escudo (Tierra, Venus, Marte, Luna, Io, etc). Ejemplos típicos de volcanes de escudo, son los de Hawaii e Isla de Pascua. Los volcanes fisurales son muy numerosos en la Patagonia Argentina y forman mesetas de miles de km<sup>2</sup> de superficie.

Por otra parte, si las lavas son viscosas (dacíticas y riolíticas) se generan domos volcánicos, cuyo volumen es de escasos km<sup>3</sup> y crecen durante erupciones con tasas de emisión muy bajas. Frecuentemente obstruyen el cráter, forman "cerros" semejantes a cúpulas o tortas irregulares y tienen pendientes fuertes de hasta 45°, por lo cual son muy inestables. Existen ejemplos en abundancia en los Andes Centrales (Altiplano), como el Tocopuri, Sairecabur, Chucuyo, etc.

#### Volcanes de piroclastos:

Debido a la explosión, estructura diseminada, mezcla y composición de un estratovolcán, esta puede sufrir un colapso. En erupciones de moderada explosividad tipo estrombolianas, se producen acumulaciones de piroclastos gruesos en torno a los cráteres, formando conos de piroclastos de dimensiones pequeñas, cuya altura generalmente no supera los 300m y las laderas presentan ángulos de reposo críticos de 34°. Ejemplos: los volcanes de Caburgua, los Hornitos (Los Cipreses, Talca), cono Navidad (Lonquimay).

Si las erupciones son más violentas y de tipo freatomagmáticas, se generan profundos "cráteres de explosión" o maares, cuyo diámetro puede alcanzar unos 2 km, rodeados por anillos de piroclastos con laderas suaves menores que 10°; en consecuencia estos volcanes pasan desapercibidos al observar el relieve desde tierra.

Ejemplos: los volcanes de Rucapillán (Los Laureles), Pocura y Carrán (Lago Ranco), Pichihuinco (Pto. Klocker), Pichilaguna (Cayutúe), etc.

Tanto los conos de piroclastos como los maares se generan comunmente por un sólo evento eruptivo, es decir, son monogenéticos, aunque hay excepciones. Hay centenares de conos de piroclastos en la cadena volcánica de los Andes de Chile-Argentina y están distribuidos en forma independiente, formando grupos y como parásitos de los grandes estratovolcanes.

#### Volcanes de lava y piroclastos

Las erupciones de mediana magnitud pueden generar piroclastos y coladas de lava, formando capas intercaladas, dando lugar a los estratovolcanes mixtos. Estos están compuestos por una secuencia de lavas y piroclastos con un conducto eruptivo central. Una de las características de estos volcanes es su carácter poligenético, es decir, se generan a través de numerosas erupciones.

Corresponden a los grandes volcanes, generalmente cónicos o tronco-cónicos y que alcanzan alturas de hasta 2.500 m sobre la base, como el Parinacota, Láscar, Descabezado Grande, Llaima, Villarrica, Osorno, Burney. La evolución de un estratovolcán comprende un período largo de actividad magmática, entre 200 mil y 2 millones de años. Durante su evolución, tanto el edificio volcánico como su(s) cámara(s) experimentan cambios y pueden presentar etapas con erupciones violentas, tranquilas o inactividad total.

Debido a la morfología, estructura, dimensiones, madurez y/o composición de un estratovolcán, éste puede sufrir un colapso de la cima, en forma de hundimiento dando lugar a un gran cráter denominado caldera (de unos 2 a 10 km de diámetro) o en forma de deslizamiento lateral, generando una gran cicatriz en forma de herradura o teatro, bordeada por un empinado escarpe.

Ejemplos de calderas son el Hudson, Sollipulli, Puyehue, Mamuta, etc.; ejemplos de cicatrices de avalanchas son los conos anidados de los volcanes Socompa, Planchón, Antuco y Calbuco, etc.

## 4. LOS PROCESOS VOLCANICOS

### 4.1 Generalidades:

Bajo la denominación de "procesos volcánicos" se pretende agrupar, tanto a los principales productos y mecanismos de las erupciones volcánicas, dependiendo del tipo de material emitido y su medio de transporte, como a otros fenómenos peligrosos comunmente asociados a ellos en forma directa o indirecta.

#### Procesos Volcánicos Directos

- Corrientes de lavas
- Eyección de piroclastos
- Emisión de gases
- Flujos de piroclastos
- Sismicidad
- Avalanchas volcánicas

#### Procesos volcánicos indirectos

- Corrientes laháricas
- Crecidas
- Avalanchas de hielo y nieve
- Deslizamientos
- Obstrucción de valles y cursos fluviales
- Tormentas eléctricas
- Lluvias ácidas
- Incendios forestales
- Alteraciones de aguas termales aledañas
- Alteraciones de aguas superficiales
- Alteraciones de suelos y vegetación

### 4.2 Procesos volcánicos directos y efectos

- Corrientes de lava: Los efectos de las lavas dependerán de la movilidad (velocidad), tasa de emisión, volumen, pendientes, morfología del entorno, etc. Las temperaturas oscilan entre 1.300 y 900°C. Las mayores velocidades registradas han alcanzado unos 70 km/h, aunque son casos muy raros; lo más frecuente en Chile, son velocidades máximas del orden de 10 km/h. Una superficie cubierta por lavas queda inutilizable por siglos.

- Eyección de piroclastos: Las partículas mayores (bombas y bloques), algunas de varias toneladas, son arrojadas según una trayectoria balística y caen dentro del área más próxima al volcán. Por otra parte, el material más fino (cenizas y lapillis) forma una columna (junto con los gases), la cual puede alcanzar decenas de kilómetros de altura. Esta es dispersada por la acción eólica, generando una pluma cuya propagación dependerá tanto de la dirección de los vientos predominantes, como de la velocidad de los mismos.



Por otra parte, cabe señalar que las erupciones plinianas, por lo general, inyectan material particulado fino en la estratósfera (aerosoles). Áreas de centenares a miles de kilómetros cuadrados con espesores muy variables, pueden ser cubiertas por depósitos de piroclastos de caída. Su impacto inicial es desastroso, sin embargo y dependiendo de la composición del material como de las condiciones climáticas, en menos de un año pueden tornarse en suelos fértiles.

- Emisión de gases: La actividad volcánica, tanto fumarólica como eruptiva, arroja volúmenes variables de diferentes compuestos gaseosos. La composición y volumen de los gases volcánicos emitidos durante una erupción, tiene gran relevancia por su efecto directo sobre la salud humana, animal, vegetal y sobre el ecosistema en general. Entre los más tóxicos se pueden mencionar el CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>S, HCl y HF.

- Flujos de piroclastos: Son verdaderos huracanes incandescentes (a veces denominados "nubes ardientes"), compuestos por gases y fragmentos de rocas. A menudo, se producen por el colapso de una columna eruptiva debido a su alta densidad y se distribuyen generalmente en forma radial. Sus velocidades oscilan entre los 100 y 500 km/h, con temperaturas mínimas de 400°C; por lo tanto, son capaces de carbonizar o calcinar toda la materia orgánica que encuentre a su paso. También tienen la capacidad de remontar y sobrepasar altos topográficos. Sus volúmenes varían entre unos 105 m<sup>3</sup> y 500 km<sup>3</sup>.

- Sismicidad: Muchas erupciones son precedidas y acompañadas por sismos de diversas magnitudes e intensidades. En ocasiones, pueden ocurrir hasta 100 sismos diarios con intensidades de III a V, los cuales son locales (generalmente no afectan un área de un radio mayor que 50 km).

- Avalanchas volcánicas: Durante algunas erupciones volcánicas de gran magnitud, se pueden producir derrumbes en los volcanes, particularmente en aquellos que presentan grandes fracturas o fisuras. Estos deslizamientos de escombros pueden ser fríos o calientes y tener dimensiones muy diversas, desde 105 m<sup>3</sup> hasta 1010 m<sup>3</sup>.

#### 4.3 Procesos volcánicos indirectos y efectos

- Corrientes laháricas: Son aluviones de origen volcánico, formados por agua como componente principal de transporte y fragmentos de rocas, cenizas, hielo, etc., originados en las pendientes de los volcanes (Crandell, 1971). Las propiedades físicas de un lahar son controladas por la razón entre las partículas (granos) y su contenido de agua (Fischer, 1971).

Longitudinalmente tienen una forma de "ballena", con una cabeza u ola frontal de hasta unos 20 m de altura. Las velocidades medias con las que avanza un lahar varían entre los 15 a 80 km/h y el depósito que deja a su paso es de aproximadamente un quinto del espesor de la ola. En el caso de Chile, la mayoría de los lahares se han producido por la fusión repentina de la cubierta de hielo y nieve debido al contacto con flujos de lavas.

- Crecidas: En ocasiones, el aumento del flujo calórico puede provocar deshielos fuera de época. Por ejemplo, incrementos de la actividad fumarólica, erupciones menores de piroclastos o erupciones de lava con bajas tasas de emisión, no son capaces de generar lahares pero pueden producir crecidas, con la consecuente inundación de los terrenos aterrizados bajos (Moreno y Fuentealba, 1994).

- Avalanchas de hielo y nieve: Tanto el aumento del flujo calórico como la sismicidad volcánica, pueden provocar avalanchas de hielo y nieve, particularmente en los volcanes cubiertos por glaciares y nieve temporal que presentan laderas escarpadas en sectores de sus cimas.

- Deslizamientos: La eventual actividad sísmica durante una erupción, puede provocar deslizamientos en lugares geológicamente inestables, en escombreras activas, en las laderas escarpadas del edificio volcánico, etc.

- Obstrucción de valles y cursos fluviales: Las corrientes de lava y las avalanchas volcánicas, entre otros productos, son capaces de bloquear valles y cauces fluviales, provocando embalses naturales. Estos pueden dar lugar a aluviones, debido al rompimiento repentino de la barrera (Moreno et al, 1984).

- 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. volcán 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 como el SO<sub>2</sub>. Las lluvias ácidas son, en extremo corrosivas y atacan específicamente a la biósfera y a los materiales metálicos (p.ej. techumbres de zinc, maquinarias, alambradas, etc.). Además, alteran drásticamente las aguas superficiales y la composición de los suelos (Moreno y Gardeweg, 1989).



- Incendios forestales: La caída de piroclastos gruesos incandescentes, particularmente bombas, en los alrededores de los centros eruptivos, sumado a los flujos de lava o flujos piroclásticos, a menudo provocan incendios en los bosques circundantes. La propagación de ellos dependerá de la estación del año.

- Alteraciones de aguas termales aledañas: Antes y durante las erupciones volcánicas, se pueden producir cambios de las propiedades fisicoquímicas de las aguas termales del entorno. En algunos casos se ha registrado variaciones en el pH, temperaturas, razones entre compuestos químicos (cloruros/sulfatos), etc.

- Alteraciones de aguas superficiales: Los gases volcánicos solubles en agua, mezclados con detritos o directamente, pueden alterar significativamente las condiciones de las aguas corrientes, lagos, suelos, glaciares, nieve y vegetación. En la erupción de 1992 del volcán Copahue, los lahares que escurrieron hacia el río Lomín hicieron descender el pH de sus aguas hasta un valor de 4 a 5, produciendo la mortandad de miles de peces (Moreno y otros, 1992). Durante la erupción del volcán Lonquimay (1988-90), la lava "exprimió" un terreno pantanoso, liberando miles de metros cúbicos de aguas putrefactas a 71°C hacia el río Lolco, tributario del Biobío (Naranjo et al, 1991).

- Alteraciones de suelos y vegetación: Algunas erupciones emiten gases con cantidades elevadas de cloruros y/o sulfatos (Hudson, 1991), los cuales precipitan junto con las cenizas formando costras salinas sobre los depósitos, alterando significativamente las propiedades de los suelos (Naranjo et al, 1993). Por otra parte, elementos químicos como el flúor, es captado y concentrado por la vegetación, el cual es altamente tóxico para la vida humana y animal, pues origina la enfermedad conocida como osteofluorosis (Lonquimay, 1989; Moreno y Gardeweg, 1989).

## 5. LOS PELIGROS Y EL RIESGO

Es importante señalar que, a menudo, los términos riesgo y peligro son utilizados como sinónimos. Sin embargo, el concepto de riesgo ("risk") es el resultado del daño o pérdida de vidas humanas y de la exposición a una potencial amenaza o peligro ("hazard") o vulnerabilidad. Es decir:

Riesgo = pérdida x vulnerabilidad x peligro (Tilling, 1993)

La confusión nace principalmente porque la palabra "hazard" no tiene una acepción adecuada en español, puesto que peligro es "danger".

Los científicos se han ocupado cada vez más de definir, tanto los volcanes como aquellos procesos asociados que pueden ser peligrosos para la humanidad. En rigor, todos los volcanes del mundo representan un peligro para la vida en la Tierra, por lo tanto, son todos riesgosos en algún grado.

Por ejemplo, el Volcán Láscar está ubicado en un lugar remoto y sería calificado como de bajo riesgo, sin embargo sus cenizas han cubierto gran parte del norte argentino. Otros pueden inyectar aerosoles en la estratósfera alterando, tanto las condiciones climáticas como la aeronavegación en todo un hemisferio.

Está claro que para poder definir los peligros de un volcán y el riesgo asociado, es fundamental conocer su evolución geológica, geoquímica, cronoestratigráfica y volcanológica física; sus erupciones históricas y prehistóricas, en cuanto a tipos, magnitudes, alcances y recurrencia; las entidades de población, uso de la tierra, infraestructura básica, valor, etc.; análisis de la vulnerabilidad.

## 6. PREVENCIÓN, MITIGACIÓN Y ATENCIÓN DE CRISIS VOLCÁNICAS

Entre las acciones más importantes para prevenir y mitigar eficazmente los efectos de las erupciones, hay que considerar:

- Estudios científicos detallados de cada volcán para confeccionar la cartografía microzonificada de los peligros y riesgos asociados.
- Educación de la población residente en áreas volcánicas.
- Elaborar Planes de Emergencia en base a la cartografía microzonificada.
- Crear y organizar adecuadamente sistemas operativos (autoridades + profesionales + población) y un grupo profesional y técnico capaz de atender una crisis en tiempo real, aplicando oportunamente los Planes de Emergencia.
- Establecer perfiles o líneas de base sísmicos, geodésicos, geoquímicos, hidrogeoquímicos y biogeoquímicos, para poder discriminar eventuales cambios.
- Establecer un sistema eficiente de vigilancia sísmica, geodésica, geoquímica y visual, para definir los estados de alerta en tiempo real.
- Realizar obras civiles con el propósito de reducir el efecto destructivo de muchos procesos volcánicos.

- Actualizar y mantener vigente el conocimiento volcanológico, los Planes de Emergencia y la preparación de la población.

## 7. INFORMACION NECESARIA PARA UN BANCO DE DATOS

Entre las múltiples variables de los volcanes, un orden prioritario de información básica para confeccionar un banco de datos, tiene que comprender los siguientes factores:

Prioridad 1:

- Tipo de volcán o grupo, localización, extensión, altura sobre la base, altitud, Nº de centros eruptivos, actividad actual.

- Composición de los productos en cuanto al contenido de Silice (SiO<sub>2</sub>).

- Lahares en los últimos 100 años y efectos.

- Lahares en los últimos 500 años y efectos.

- Si posee glaciares, área cubierta, volúmenes y equivalencia en agua.

- Si cae nieve estacional, área cubierta, volúmenes y equivalencia en agua.

- Si tiene registro de actividad histórica, definirla y especificar tipos, magnitudes, recurrencia y alcances de erupciones pasadas.

- Si ha emitido flúor > 30 ppm en cenizas durante más de un mes.

- Población amenazada (residente y temporal).

- Víctimas humanas.

- Pérdidas económicas cuantiosas (detallar en lo posible).

Prioridad 2:

Puntaje

- Erupciones plinianas en los últimos 500 años y efectos.
- Erupciones plinianas en los últimos 5.000 años y efectos.
- Erupciones plinianas en los últimos 15.000 años y efectos.
- Flujos piroclásticos en los últimos 500 años y efectos.
- Flujos piroclásticos en los últimos 5.000 años y efectos.
- Flujos piroclásticos en los últimos 15.000 años y efectos.
- Area afectada por erupción en los últimos 100 años > 10 km<sup>2</sup>.
- Area afectada por erupción en los últimos 500 años > km<sup>2</sup>.
- Area afectada por erupción en los últimos 5000 años > 1000 km<sup>2</sup>.
- Formación de caldera en los últimos 1.000 años.
- Formación de caldera en los últimos 5.000 años.
- Formación de caldera en los últimos 15.000 años.
- Estratovolcán sin caldera volcánica.
- Avalancha volcánica en los últimos 1.000 años.
- Avalancha volcánica en los últimos 5.000 años.
- Avalancha volcánica en los últimos 15.000 años.
- Estratovolcán sin avalancha volcánica.

En cuanto a los criterios para la identificación de volcanes de alto riesgo, Yokoyama et al. (1984) propusieron asignar puntajes a diversas variables, lo cual ha sido muy útil. Sin embargo, a juicio del suscrito existen factores que no fueron considerados y otros que, en el caso de Chile, no requieren ser incluidos.

En consecuencia, se proponen los siguientes criterios para asignar puntajes a los volcanes:

PUNTAJE	NIVEL DE RIESGO
1-10	Volcán de bajo riesgo
10-20	Volcán de moderado riesgo
2-20	Volcán de alto riesgo

	Puntaje
- Tipo de volcán:	
- escudo, cono de piroclastos	1
- estratovolcán, maar, domo	2
- Incluye productos elevados en sílice (SiO <sub>2</sub> > 58%)	1
- Lahares en los últimos 100 años	1
- Lahares en los últimos 500 años	1
- Si ha emitido flúor > 30 ppm en cenizas durante más de un mes	1
- Si ha emitido flúor > 100 ppm en cenizas	1
- Si posee glaciares en la cima	1
- Si cae nieve estacional > 0.5 m espesor y > 10 km <sup>2</sup>	1
- Erupciones hawaiianas, estrombolianas, freatomagmáticas	1
- Erupciones plinianas, vulcanianas, freatomagmáticas violentas	2
- Erupciones plinianas en los últimos 500 años	1
- Erupciones plinianas en los últimos 5.000 años	1
- Erupciones plinianas en los últimos 15.000 años	1
- Flujos piroclásticos en los últimos 500 años	1
- Flujos piroclásticos en los últimos 5.000 años	1
- Flujos piroclásticos en los últimos 15.000 años	1
- Area afectada por erupción en últimos 100 años > 10 km <sup>2</sup>	1
- Area afectada por erupción en últimos 500 años > 100 km <sup>2</sup>	1
- Area afectada por erupción en últimos 5000 años > 1000 km <sup>2</sup>	1
- Formación de caldera en los últimos 5.000 años	1
- Formación de caldera en los últimos 15.000 años	2
- Estratovolcán voluminoso sin caldera volcánica	3
- Avalancha volcánica en los últimos 1.000 años	1
- Avalancha volcánica en los últimos 15.000 años	2
- Estratovolcán de laderas empinadas, fracturado, sin avalancha volcánica	3
- Población amenazada (residente y temporal):	
> 100	1
> 1000	1
> 10.000	1
> 100.000	1
> 1.000.000	1
- Erupciones con víctimas humanas	1
- Erupciones con pérdidas económicas > US \$ 1.000.000	1
<hr/>	
Puntaje total	=    ¿?

El puntaje que se obtenga para cada volcán indica el nivel de riesgo que este entraña según la siguiente categorización:

PUNTAJE	NIVEL DE RIESGO
< 10	Volcán de bajo riesgo
10 - 20	Volcán de moderado riesgo
> 20	Volcán de alto riesgo

## 8. FENOMENOS PRECURSORES DE ERUPCIONES Y ESTADOS DE ALERTA

### 8.1 Fenómenos precursores.

Afortunadamente, las erupciones volcánicas son procesos que, en la mayoría de los casos, se anuncian con una ventana de tiempo que puede variar desde días, semanas hasta incluso años. Cabe hacer notar que las señales precursoras son esencialmente de tres tipos:

- (a) Perceptibles por el ser humano
- (b) Perceptibles sólo por algunos animales
- (c) Perceptibles sólo por instrumentos sensibles

Entre las primeras (a) se pueden indicar las siguientes:

- Ruidos subterráneos en un radio  $< 15$  km.
- Sismos locales en un radio  $< 20$  km.
- Aumento y/o cambios de color en fumarolas o aparecimiento de nuevas emisiones.
- Cambios en razones entre componentes químicos de las fumarolas (ej.:  $SO_2/Cl$ ).
- Deformación del terreno en los flancos y cima del volcán, por lo general hinchazones.
- Aparecimiento anómalo de resplandores rojizos en el cráter.
- Pequeñas explosiones con algo de emisión de cenizas (erupción débil).
- Manchas negras en la superficie de la nieve y/o glaciares por caída de cenizas.
- Aumento de la temperatura en algunos esteros que descienden del volcán.
- Crecidas súbitas fuera de época, de los ríos y esteros que descienden del volcán.
- Aparecimiento de nuevas grietas en los glaciares.
- Pequeñas avalanchas de nieve y/o derrumbes en las laderas del volcán.
- Percepción anómala de gases sulfurosos.



Es importante destacar, que en muchos casos, estos fenómenos se presentan con una ventana de tiempo muy pequeña; es decir, cuando estas señales ocurren, es probable que una erupción mayor tenga lugar pronto.

En el caso de (b), se ha observado que ciertos animales pueden sentir señales que escapan a la percepción humana, como por ejemplo, vibraciones atmosféricas y subterráneas, olores de gases y otras desconocidas.

En el caso de (c), los instrumentos como los sismógrafos e inclinómetros, son los que, a la fecha, han entregado los mejores pronósticos.

En efecto, los sismógrafos pueden registrar sismos instrumentales como los tremors (en el caso de estaciones portables MEQ-800 es recomendable instalarlas con filtros 0 - 5 y ganancias variables entre 60 y 90, dependiendo de varios factores), los cuales son los mejores indicadores del comportamiento del magma y desgasificación. La ventana de tiempo es, en este caso, mucho mayor que en (a), lo cual permite establecer alertas con bastante anticipación.

Los inclinómetros electrónicos, por su parte, son instrumentos costosos que permiten detectar movimientos de deformación del orden de milésimas de grado.

## 8.2.- Estados de Alerta

UNDRO (1987) ha recomendado establecer estados de alerta para distintos escenarios de fenómenos precursores de una erupción mayor, con el fin de tomar medidas de prevención y mitigación, dentro de la mayor ventana de tiempo posible. Sin embargo, a juicio del suscrito, las señales consideradas para definir los estados de alerta, son algo vagas, incompletas y en algunos casos, no se cuenta con tal información.

En consecuencia, se propone el siguiente cuadro para definir estados de alerta, en base a experiencias de erupciones en los Andes chilenos:



CUADRO DE TIPOS DE ALERTA

TIPO DE ALERTA	TIPO DE ACTIVIDAD	ERUPCION MAYOR	RECOMENDACIONES
BLANCA	Sismicidad anómala	Meses o Años	- Informar autoridades. - Actualizar Planes de Emergencia.
	Aumento de las fumarolas		
	Grietas nuevas en glaciares		
	Ruidos subterráneos		
	Olores sulfurosos		
AMARILLA	Temblores	Semanas o Meses	- Verificar equipos y personal para posible evacuación de áreas de alto riesgo. - Reservas de materiales.
	Pequeñas explosiones		
	Resplandores rojizos		
	Nuevas fumarolas		
NARANJA	Temblores fuertes	Días o Semanas	- Anuncio público de posible emergencia. - Movilización para una posible evacuación en zonas de alto riesgo. - Protección ante caída de ceniza y crecidas.
	Explosiones moderadas		
	Manchas negras en nieve		
	Crecidas súbitas		
	Avalanchas de nieve		
	Aumento de TOC de esteros		
	Pequeños derrames de lava		
ROJA	Enjambres sísmicos y tremor bandeado	Horas o Días	- Evacuación en zonas de riesgo alto y moderado (depende de las características de la actividad)
	Temblores fuertes y más frecuentes		
	Aumento de actividad eruptiva, explosiones		

Basado en UNDR0 (1987), modificado por H. Moreno R. (1994, este artículo).

XXXXXXXXXXXXXX

## 2.- PROCESOS HIDRO-GEOMORFOLOGICOS

Temática desarrollada por: Francisco J. Ferrando A.  
Geógrafo-Hidrogeomorfológico

Los Procesos Hidrogeomorfológicos asociados con las Amenazas y los Riesgos corresponden principalmente a los conocidos mecanismos de erosión, transporte y sedimentación, los cuales pueden alcanzar magnitudes extremas frente a la conjugación de condiciones de baja resistencia o inestabilidad ante el o los fenómenos detonantes que se presenten.

En este sentido, puede tratarse de procesos existentes, con cauces o vías de evacuación establecidas, o de el surgimiento de otros nuevos, los que pueden afectar sectores comprometidos o ajenos a la geodinámica actual.

Las magnitudes extremas que conducen a la generación de una situación de amenaza o peligro dicen relación en el primer caso con el excedimiento de la capacidad de los cauces, desborde e invasión de áreas aledañas, generalmente fuera del alcance del proceso en particular de que se trate.

En el segundo caso, corresponde al surgimiento de procesos en sectores donde estos no se habían presentado con anterioridad, o bien de muy baja recurrencia.

Este hecho diferencia dos situaciones de consecuencias y proyecciones muy disímiles en relación al desastre que podría ocurrir, puesto que la ocupación del suelo bajo el acervo vivencial puede llevar a asentamientos en sectores aparentemente fuera de riesgo.

Por otro lado, se encuentra la proyección areal del proceso, la cual depende del "momentum" de este, de su grado de licuefacción, de la rugosidad topográfica, y de los obstáculos existentes en su trayecto, lo cual afectará el tiempo de disipación de la energía y, por lo tanto, la extensión de su influencia o efecto.

También, el riesgo propiamente tal depende del circunstancial grado y tipo de ocupación a que esté sujeta el área afectada o afectable por el fenómeno.

Como se puede observar, son múltiples las variables que se pueden considerar para determinar el grado de amenaza y de riesgo que se puede desarrollar frente a los procesos hidrogeomorfológicos.

Dada esta situación, es preciso determinar en función de los alcances y objetivos de este estudio, cuales deberían ser consideradas como variables claves para poder atacar el problema en los ámbitos temporales definidos.

A fin de conseguir este objetivo, se hace indispensable realizar un análisis de los procesos y un desglose de estos en relación a sus causas, factores, consecuencias, etc..

Al respecto, se presenta en primer lugar un análisis de la erosión en sí y sus componentes, como una forma de establecer una base de sustentación para el desarrollo de los pasos siguientes.

## 2.1.- EROSION

### - Componentes Principales

- Erodabilidad: Vulnerabilidad o resistencia de formas o superficies a ser alteradas; degradadas, descompuestas y a perder masa, variando su forma.

- Erosividad: Energía de factores y procesos exógenos y/o endógenos para actuar sobre formas y superficies tendientes a provocar cambios en las características internas y externas de ellas.

Esta última depende de :

-Energía de Posición: Componentes del paisaje que incrementan la energía o posibilitan el desencadenamiento de procesos (pendiente, compacidad, torrencialidad, etc.).

-Factores Detonantes: Fenómenos exógenos o endógenos que generan el impulso o energía inicial necesaria para el activamiento de procesos. (sismos, lluvias torrenciales, etc.).

### 2.1.2.- INDICADORES DE LA ERODABILIDAD :

En estudios llevados a cabo en cuencas hidrológicas de montaña para evaluar su dinámica natural y amenaza erosiva (Ferrando, 1994), se han considerado como indicadores claves las siguientes variables:

#### -Grado de Erosión Geológica: con de la Vegetación:

Corresponde al grado de fracturamiento o alteración, a nivel de unidades espaciales (geomorfológicas, hidrológicas, etc.) que presenta el sustrato, hecho asociado con los efectos que la fase orogenética haya tenido sobre las unidades litológicas y la estructura de las Formaciones.

#### -Densidad de Fenómenos Tectónicos:

Dice referencia con el grado de fracturamiento, número de fallas y ejes de plegamientos que, producto de igual origen que el caso anterior, se contabilizan al interior de las unidades espaciales de análisis.

Ambos aspectos, consignados en cartas temáticas específicas, entregan información de vital importancia para la determinación de la erodabilidad de las superficies expuestas, puesto que están indicando el "estado de salud" del sustrato rocoso, hecho estrechamente ligado a la facilidad de los sistemas de erosión para profundizar la alteración, producir cubiertas regolíticas y volúmenes clásticos movilizables por diversos mecanismos bajo la acción de la gravedad, con o sin presencia de agua.

En síntesis, estos aspectos son indicadores directos del volumen de fragmentos líticos disponibles para los procesos de remoción y de la deleznablez de los materiales.

#### -Características geomorfológicas y dinámicas de las laderas:

Dado que los planos inclinados son la unidad constituyente fundamental de los paisajes en general, y con mayor razón en el caso de áreas de montaña, es de gran importancia determinar su dinámica, la cual está comandada tanto por factores estructurantes internos como por los fenómenos externos, propios de los sistemas de erosión imperantes a diferentes rangos de altura dentro del marco montañoso.

Al respecto, y como sistema de caracterización se recomienda utilizar la clasificación propuesta por Araya 1985, según la cual las vertientes se agrupan según las influencias estructurales y según las influencias exógenas.

## -Características y distribución de la Vegetación:

Es aceptado, aunque con ciertas restricciones, el rol protector del suelo que cumple la vegetación, principalmente la nativa o propia del lugar. EL fortalecimiento de este rol requiere de especies de arraigamiento fuerte y profundo, capaces de amarrar las cubiertas regolíticas o edáficas a los sustratos rocosos, condición que esta vegetación generalmente cumple, a diferencia de ciertas especies exóticas de gran desarrollo altimétrico y raíces superficiales. Para ello, el espesor de dichos sustratos no debe superar en proporción razonable el largo de las raíces. Ayuda a esta función el grado de rugosidad presentado por la base rocosa.

En relación a las restricciones inherentes a la cobertura vegetal en el caso de vertientes, estas dicen relación con el aumento de la infiltración y, por lo tanto, humectación y aumento de peso de los mantos sedimentarios, lo cual puede conducir al alcance del límite superior de la plasticidad (Atterberg, 1911) y a la licuefacción de los materiales con la consiguiente pérdida de equilibrio. De hecho, se han observado deslizamientos en masa, incluyendo la vegetación arbórea.

Por esta razón, esta variable clave es considerada en el análisis como de menor importancia o trascendencia en relación a las anteriores para la determinación de la erodabilidad.

En base a estos antecedentes y a su revisión, se puede indicar los siguientes parámetros, y sus variables claves internas, como los criterios necesarios para determinar la erodabilidad\* de formas y superficies en un sentido amplio:

## CRITERIOS PARA DETERMINAR LA ERODABILIDAD DE FORMAS Y SUPERFICIES

1.- Parámetro: Grado de Erosión geológica :

Variables:

- Intensidad de fallamiento y fracturamiento
- Intensidad de Plegamiento
- Fenómenos de alteración Hidrotenal.

## 2.- Parámetro: Naturaleza y estado de los materiales

### Variables:

#### - En el caso de Litosoles:

- Litología
- Intemperización
- Regolización

#### - En el caso de Regosoles y Cubiertas detríticas :

- Profundidad
- Compactación o cohesión
- Granulometría o textura

## 3.- Parámetro: Geomorfología

### Variables:

- Naturaleza genética y composición de formas (sedimentología)
- Características morfológicas y morfométricas
- Rugosidad del sustrato

## 4.- Parámetro: Hidrología

### Variables:

- Desarrollo de la red de drenaje (Jerarquía)
- Tiempo de Respuesta
- Permeabilidad
- Módulo específico

## 5.- Parámetro: Vegetación

### Variables:

- Tipo, grado y temporalidad de la cobertura del suelo
- Índice de Productividad de Biomasa (NDVI)



### 2.1.3.- INDICADORES DE LA EROSIVIDAD

De acuerdo a lo señalado con anterioridad, los indicadores para dimensionar la erosividad que puede afectar o actuar sobre las distintas formas del terreno y los materiales constituyentes, se puede dividir en dos subconjuntos:

#### - Indicadores de la Energía de Posición

- Pendiente media y Altura (Ver Cuadro N° 1)
- Compacidad de Cuencas
- Torrencialidad de los cursos de agua
- Exposición y Orientación

Estos Indicadores presentan las siguientes características:

- Son componentes semi-estables del medio físico,
- Son reconocibles, medibles y mapeables, y
- Son rangeables en categorías de "peligrosidad".

#### - Indicadores de los Factores Detonantes

Actúan como tales los siguientes procesos:

- Sismicidad
- Lluvias intensas
- Volcanismo
- Frentes cálidos en altura
- Maremotos y Tsunamis
- Tormentas oceánicas y marejadas (bravezas)

Estos Procesos naturales de Rol Detonante se caracterizan por ser:

- Eventuales u Ocasionales,
- Dificilmente pronosticables, y
- de Predimensionamiento practicamente imposible



ELEMENTOS DE ANALISIS  
(PARAMETROS Y VARIABLES)  
PARA LA DETERMINACION DEL NIVEL  
DE AMENAZA NATURAL Y DE RIESGO

CUADRO Nº 1

UMBRALES DE PROCESOS SEGUN RANGOS DE PENDIENTE MEDIA

PENDIENTES (°)	MEDIAS (%)	PROCESOS PREDOMINANTES
0 - 2	0.0 - 4.5	Erosión nula a leve.
2 - 5	4.5 - 11.0	Erosión débil. Erosión difusa o laminar (Sheet-wash). Inicio de regueras. Soliflujión fría.
5 - 10	11.0 - 22.0	Erosión moderada. Inicio erosión lineal (Rill-wash).
10 - 20	22.0 - 44.5	Erosión fuerte. Erosión lineal frecuente.
20 - 30	44.5 - 67.0	Carcavamiento. Movimientos en masa. Reptación.
30 - 45	67.0 - 100.0	Coluvionamiento. Soliflujión intensa.
> de 45	> de 100.0	Desprendimientos. Derrumbes. Coluvionamiento intenso

Fuente: Araya & Börgel 1972, y Young 1975.

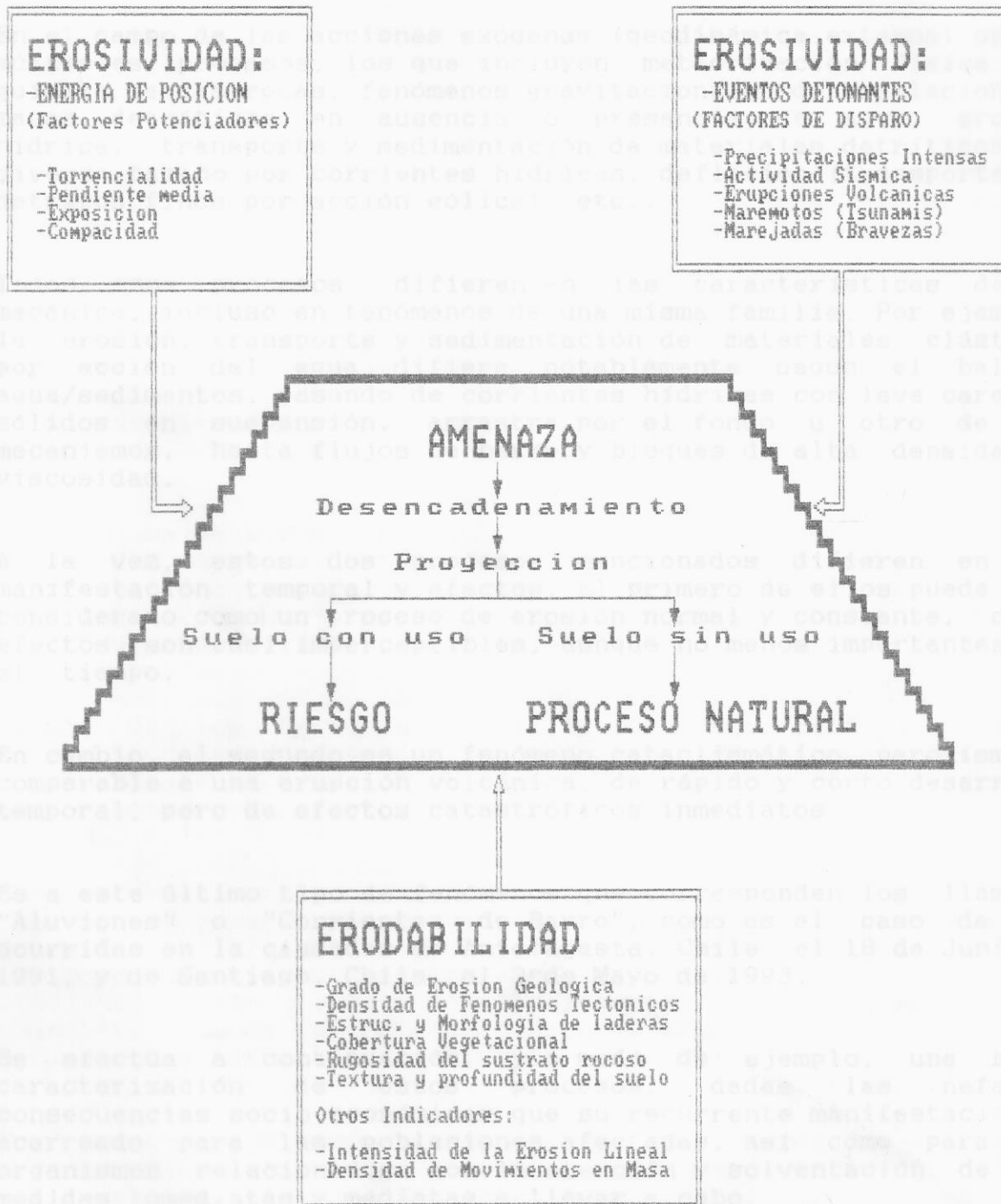
Todo lo expuesto anteriormente queda expresado en forma sintética en el siguiente diagrama.

ERODABILIDAD

- Grado de Erosión
- Cantidad de Erosión
- Estructura y morfología de la erosión
- Estructura y morfología de la erosión
- Estructura y morfología de la erosión
- Estructura y morfología de la erosión
- Estructura y morfología de la erosión
- Estructura y morfología de la erosión
- Estructura y morfología de la erosión
- Estructura y morfología de la erosión

# ELEMENTOS DE ANALISIS (PARAMETROS Y VARIABLES) PARA LA DETERMINACION DEL NIVEL DE AMENAZA NATURAL Y DE RIESGO

F. J. FERRANDO A., 1994



#### 2.1.4.- TIPOS Y CARACTERISTICAS DE LOS PROCESOS EXOGENOS

De acuerdo a lo expuesto, la erosión implica, por lo tanto, toda pérdida de masa (modificación de volumen y forma), así como también de calidad de un recurso natural dado (degradación), sea cual fuere el origen o proceso que la provoque, y las condiciones que faciliten o entraben su operación.

En el campo de las acciones exógenas (geodinámica externa) operan múltiples procesos, los que incluyen meteorización física y/o química de las rocas, fenómenos gravitacionales de traslación de masas detríticas en ausencia o presencia de agua, erosión hídrica, transporte y sedimentación de materiales detríticos de diverso tamaño por corrientes hídricas, deflación (transporte de detritos finos por acción eólica), etc..

Todos esos procesos difieren en las características de su mecánica, incluso en fenómenos de una misma familia. Por ejemplo, la erosión, transporte y sedimentación de materiales clásticos por acción del agua difiere notablemente según el balance agua/sedimentos, pasando de corrientes hídricas con leve carga de sólidos en suspensión, arrastre por el fondo u otro de sus mecanismos, hasta flujos de barro y bloques de alta densidad y viscosidad.

A la vez, estos dos procesos mencionados difieren en su manifestación temporal y efectos. El primero de ellos puede ser considerado como un proceso de erosión normal y constante, cuyos efectos son casi imperceptibles, aunque no menos importantes en el tiempo.

En cambio, el segundo es un fenómeno cataclísmico, paroxísmico, comparable a una erupción volcánica, de rápido y corto desarrollo temporal, pero de efectos catastróficos inmediatos.

Es a este último tipo de fenómenos que corresponden los llamados "Aluviones" o "Corrientes de Barro", como es el caso de las ocurridas en la ciudades de Antofagasta, Chile, el 18 de Junio de 1991, y de Santiago, Chile, el 3 de Mayo de 1993.

Se efectúa a continuación, y a modo de ejemplo, una breve caracterización de estos procesos, dadas las nefastas consecuencias socio-económicas que su recurrente manifestación acarrea para las poblaciones afectadas, así como para los organismos relacionados con la atención y solventación de las medidas inmediatas y mediatas a llevar a cabo.

## Características Generales de las Corrientes de Barro

El término Corriente o Flujo de Barro (Mud Flow) corresponde a una denominación general utilizada para designar un movimiento de remoción en masa de materiales terrosos finos y clásticos, con alto grado de fluidez debido a su elevado contenido de agua (aproximadamente un 60 %), normalmente asociado a precipitaciones intensas o alto grado de saturación, y condiciones favorables del sustrato asociadas a depósitos poco o no consolidados en laderas de fuerte pendiente, y/o a la existencia de una lente arcillosa o arcillo-limosa a cierta profundidad, la que actúa como plano de ruptura y deslizamiento ante la presencia de materiales licuefaccionados por abundancia de agua de percolación.

Los depósitos de flujos de barro son macizos, carentes de estructuras sedimentarias, y secos suelen alcanzar resistencias similares a las de los hormigones pobres (120-150 Kg./cmt<sup>2</sup>).

Al iniciarse el flujo de barro, la grava, el limo y la arcilla se combinan con el agua para formar un fluido denso. Las partículas mayores forman la fase dispersa del flujo y son controladas o dominadas por efectos gravitacionales, mientras que la fracción fina constituye la fase continua, dominando en ella las fuerzas cohesivas.

Los flujos de barro alcanzan pesos de hasta 2 ton/mt. cúbico y viscosidad muy alta. Estas propiedades retardan el hundimiento de bloques de gran tamaño (de hasta 200 tons. según Waldron, 1975), facilitando su movilización, con velocidades de hasta 5 mts/seg (Golubev, 1969, citado por Hauser, 1985).

Dentro de los factores genéticos de este tipo de eventos hidromorfodinámicos está el Factor Climático, el cual entra en juego en atención a la "Intensidad de las precipitaciones" y al comportamiento térmico.

Las lluvias prolongadas y de baja intensidad crean las condiciones para los movimientos en masa al incrementar notablemente el contenido de humedad del suelo. En este estado, cualquier movimiento telúrico puede desencadenar el proceso. Por otro lado, las lluvias de alta intensidad tienen efecto más inmediato cuando se trata de cubiertas detríticas inestables o saturadas en situaciones de fuerte pendiente.

En relación a las temperaturas, el ascenso anormal de la isoterma de cero grados genera una sobrecarga hídrica de las vertientes y las cuencas, generando una gran capacidad de arrastre de las cubiertas regolíticas superficiales.

## Las Familias de Procesos

De acuerdo con este contexto, se distinguen principalmente dos grandes familias de procesos:

- Procesos Lineales, en seco o asistidos por agua, y
- Procesos Areales, en seco o asistidos por agua.

### 2.1.4.1.- LOS PROCESOS LINEALES:

#### - CARACTERISTICAS GENERALES

Este tipo de procesos, como su nombre lo indica, desarrolla acciones de erosión que conllevan a una disección de las unidades de paisaje, con diferentes grados de intensidad.

Estos mecanismos erosivos tienen un carácter tanto permanente y gradual como intermitente y muy efectivo. Ello depende del tipo de mecanismo en operación, del contexto topográfico y físico en que se desarrolle, y de la ausencia o presencia de agua en menor o mayor cantidad.

El resultado son formas de disección de las superficies, sean estas laderas o planicies, de ancho escaso, profundidad variable y considerable extensión según el tamaño de la unidad geomórfica en que este inscrito el proceso.

El alcance o proyección de este tipo de eventos morfológicos, el cual está por lo general adscrito a las disecciones o cauces predesarrollados por el mismo mecanismo, es directamente proporcional al grado de licuefacción y al valor de la pendiente longitudinal.

Los procesos lineales no asistidos por agua se caracterizan por una actividad lenta y discontinuada por breves lapsos de tiempo, y por un alcance restringido junto con escasas posibilidades de expansión lateral.

Las masa detríticas en movimiento tienden a detenerse o frenar considerablemente su avance ante cualquier quiebre de pendiente que provoque una reducción del valor de ésta (gradiente).

En la medida que la proporción de agua va aumentando dentro de la masa clástica, la velocidad de esta crece al igual que su alcance, por lo que cuando la licuefacción es máxima, se generan flujos muy rápidos, los cuales tienen la capacidad suficiente para:

1.- Aumentar la disección, profundizando y ensanchando los cauces;

2.- Provocar desbordes en sectores donde la sección es incapaz de contener la masa del flujo (angosturas por presencia de rocas resistentes); y

3.- Recorrer grandes distancias afectando o siendo afectados por los obstáculos naturales o antrópicos presentes en su camino.

- TIPOS, FACTORES, PROCESOS Y MORFOLOGIAS RESULTANTES.

Tipos:

1.- En Seco: (Sin presencia de agua)

1.A.- Factores condicionantes:

- Relieves Escarpados
- Rocas altamente fracturadas (erosión geológica fuerte).
- Laderas conformes (correspondencia estructura - topografía)

1.B.- Factores coadyuvantes y/o detonantes

- Sismicidad
- Erupciones
- Baja resistencia litica
- Meteorización
- Baja rugosidad del sustrato
- Vientos fuertes

1.C.- Procesos:

- Desprendimiento y rodadura de clastos
- Aumento de la fragmentación (Regolización)
- Acumulación en pendiente de Richter (Coluviación)



1.D.- Morfología resultante: (carácter lineal en el sentido de la pendiente)

- Corredores de derrubios (Debris flow)
- Conos coluviales
- Mantos regolíticos

2.- Asistidos por Agua :

2.A.- Factores condicionantes:

- Permeabilidad moderada
- Pendientes moderadas a fuertes
- Espesores considerables de sedimentos no consolidados
- Meteorización profunda
- Erodabilidad de los materiales

2.B.- Factores Coadyuvantes:

- Texturas finas en el subsuelo
- Baja rugosidad del sustrato
- Lluvias prolongadas y/o intensas
- Solubilidad de los materiales líticos y cementantes

2.C.- Procesos:

- Disección o erosión lineal
- Profundizamiento y evacuación de materiales
- Erosión lateral (Escarpamiento de flancos)
- Sedimentación
- Disolución

2.D.- Morfología resultante:

- Regueras (Surcos de erosión)
- Carcavas
- Quebradas
- Cañones
- Valles y Terrazas
- Cavernas

#### 2.1.4.2.- LOS PROCESOS AREALES:

##### - CARACTERISTICAS GENERALES

El desarrollo de este tipo de procesos puede tener su génesis como tal o en forma lineal. En este segundo caso, el incremento paulatino de su volúmen puede llevarlo a transformarse, dada el área comprometida y el alcance de sus efectos, en un evento areal.

Cuando se trata de fenómenos genéticamente areales, estos comprometen parte importante de una unidad morfológica, como suelen ser las laderas de sectores montañosos. En estos casos la desestabilización y puesta en movimiento de grandes volúmenes de material comienza muy lentamente, manifestándose inicialmente en formas de agrietamiento y escalonamiento del terreno, producto de la pérdida de equilibrio de la masa rocosa o detrítica ante diferentes causas, como por ejemplo: un incremento de su peso por humedad o un movimiento sísmico.

Este proceso inicial de reptación profunda va gradualmente acelerándose y adquiriendo una cinética rotacional, lo cual posibilita una mayor soltura del material y una más fácil humectación de este, ya sea por agua superficial, de alguna napa, o de algún dren existente en el trayecto. Esto último acarrea un mayor grado de fluidez a la masa y, por lo tanto, facilita su desplazamiento por sobre las rugosidades y accidentes topográficos menores del terreno.

De este modo, se incrementa notoriamente el momentum de la masa, lo cual le permite en las zonas de menor pendiente, una dispación y expansión sobre una superficie considerable y con alta energía destructiva. Se debe tener en cuenta, además, que el frente del flujo tiene por lo general una consistencia mucho mayor que el resto del cuerpo, lo que le permite incluso destruir o modificar algunas morfologías a su paso.

Cuando se trata de procesos areales de génesis lineal, estos son por lo general resultado de una sumatoria de fenómenos de igual carácter, asistidos por agua, como es el caso de avenidas provenientes de los distintos colectores o afluentes de un sistema hidrológico, los cuales confluyen en un tramo relativamente corto del cauce principal. Esta cercanía espacial del vaciado de flujos hidro-detríticos genera una especie de ola de gran masa, alta velocidad (flash flood) y gran poder destructivo.

Influyen en incrementar tanto el volúmen como la intensidad del flujo, además de aspectos morfométricos relacionados con la forma (compacidad de las cuencas), desarrollo de la red de drenaje, pendiente media, etc., la contemporaneidad del evento detonante en cada una de las componentes espaciales (subcuencas) de la hoya hidrográfica.

En este sentido, si por ejemplo se produce una lluvia de alta intensidad al mismo tiempo en toda la cuenca, la llegada de las avenidas de cada subcuenca al punto de confluencia será simultánea, generando una crecida o un aluvión de gran magnitud. Si a ello se suma la existencia de cubiertas nivales y su fusión acelerada por un incremento de la temperatura en altura (ascenso de la isoterma de 0° C.), el fenómeno alcanzará magnitudes aún mayores.

Por el contrario, si el avance del frente de precipitaciones va barriendo o afectando diferidamente en el tiempo y el espacio la superficie colectora de la cuenca, es dable esperar una crecida de menor gasto, pero más prolongada en el tiempo (menos concentrada), y por lo tanto de menor peligro.

Como se desprende de lo expuesto, no es suficiente con detectar con antelación la ocurrencia de un evento detonante, como es el caso de una frente de precipitación de determinadas características. También sería necesario saber la ruta que seguirá, cuando y donde descargará, y con que intensidad. Esto es prácticamente imposible.

También, se debe considerar el estado de saturación hídrica del suelo, puesto que un suelo seco según su permeabilidad, podrá retener una parte importante del agua caída, dejando una menor proporción disponible para escurrir. En cambio, si se trata de un suelo cercano a su saturación, producto de lluvias anteriores, puede que baste un pequeño aporte suplementario para que alcance el punto de fluidez necesario para desprenderse del sustrato e iniciar su descenso.

Dada entonces la gran cantidad de factores y variables que intervienen en el desencadenamiento de procesos areales que alcanzan la magnitud de amenaza, es preciso descomponerlos en sus partes evolutivas y resultantes en busca de los indicadores que permitan su detección, evaluación y, en base a ello, diseñar y aplicar las medidas y programas necesarios para lograr su mitigación.

- TIPOS, FACTORES, PROCESOS Y MORFOLOGIAS RESULTANTES.

Tipos : factores condicionantes

1.- En seco : (Sin presencia de agua)

1.A.- Factores Condicionantes:

- Relieves Escarpados
- Rocas altamente fracturadas (erosión geológica fuerte).
- Laderas conformes (correspondencia estructura - topografía)

Factores Coadyuvantes:

1.B.- Factores coadyuvantes y/o detonantes

- Sismicidad
- Erupciones
- Baja resistencia litica
- Meteorización
- Baja rugosidad del sustrato

1.C.- Procesos:

- Derrumbes o desplomes
- Coluvionamiento
- Deslizamiento de laderas

1.D.- Morfología resultante:

- Caos de bloques (Escombreras)
- Taludes Coluviales generalizados (Piedmonts coluviales)
- Caídas o excavados (profundizados) en sector de
- Cicatrices y Conos o lóbulos de deslizamiento
- Cicatrices de corte en laderas con bordes escarpados

## 2.1.3.- EVALUACION :

### 2.- Asistidos por Agua :

#### 2.A.- Factores condicionantes:

- Permeabilidad moderada
- Pendientes fuertes
- Espesores considerables de sedimentos no consolidados
- Sustrato impermeable

#### 2.1.3.1 - Meteorización profunda (Prevenición)

#### 2.B.- Factores Coadyuvantes:

- Texturas finas en el subsuelo
- Baja rugosidad del sustrato
- Lluvias prolongadas
- Sismicidad
- Alta compacidad

#### 2.C.- Procesos (carácter local o mayor):

- Deslizamientos en masa
- Flujos detríticos y barrocos
- Aluviones

#### 2.D.- Morfología resultante:

- Depósitos de espesor y granulometría muy variada, con forma de flujos angostos o expandidos.
- Cauces excavados (profundizados) en sector de transferencia, y colmatados en sector de sedimentación.
- Cicatrices de corte en laderas con bordes escarpados.

### 2.1.5.- EVALUACION :

Como se puede observar en este desglose de los procesos indicados, existen muchos elementos en común, los cuales tienen que ver tanto con los factores condicionantes como con los coadyuvantes. Sin embargo, tanto los procesos en sí como las formas resultantes en cada caso son diferentes.

Dado lo expuesto, es posible considerar los siguientes antecedentes como necesarios para llevar a cabo la evaluación del proceso, de la amenaza o peligro, y de las consecuencias:

#### 2.1.5.1.- Evaluación de la Amenaza: (Prevención)

- Cartografía geomorfológica y morfodinámica del área.
- Antecedentes geológicos y estructurales.
- Antecedentes históricos de fenómenos similares en el área (recurrencia) y volúmen.
- Cartografía de las Areas precedente y recurrentemente afectadas.

Conducente a :

- Identificar el cuadro morfodinámico y de estado de equilibrio de las formas de acuerdo a los actuales sistemas de erosión.

- Delimitar unidades espaciales de acuerdo a la densidad, intensidad y frecuencia de los procesos líderes y asociados.

#### 2.1.5.2.- Evaluación del Riesgo:

- Existencia de material detrítico inestable en las laderas
- Existencia de farellones rocosos inestables
- Uso del Suelo en sectores proximales o de proyección de los procesos (exposición a la amenaza).
- Sobre explotación de la Vegetación



Conducente a:

- Diseñar medidas de control o mitigación del fenómeno.
- Planificar el uso del suelo dejando los espacios necesarios para que los procesos disipen su energía.
- Disminuir el riesgo incrementando la resistencia y reduciendo la exposición, es decir, zonificación del suelo según niveles de riesgo.

2.1.5.3.- Evaluación de las consecuencias:

- Cartografía de las áreas afectadas
- Determinación de volúmenes desplazados
- Determinación de daños e intensidad de los mismos (dimensionamiento económico-social)

Conducente a:

- Modificar si fuere necesario la zonificación de riesgo.
- Mejorar las medidas de control o mitigación.
- Diseñar o perfeccionar los Planes de Prevención (Medidas estructurales, normativo-legales y de tipo biológico).

Estas son las necesidades de información básica que, para el caso de cada dimensión espacio-temporal de los procesos hidrogeomorfológicos, debieran ser satisfechas, a fin de poder efectuar los diagnósticos preventivos y evaluaciones necesarias que conduzcan al estudio, diseño y aplicación de las medidas correspondientes en los niveles señalados.

## 2.2.- INUNDACIONES

### - CARACTERISTICAS GENERALES:

En el caso de las Inundaciones, estas corresponden a una consecuencia derivada de otros procesos de recurrencia interanual, como son las crecidas, sumado a condiciones de insuficiencia de los sistemas de evacuación (cauces naturales, sistemas de drenaje artificializados, colectores urbanos, etc.).

La recurrencia de crecidas que presente una cuenca está asociada por una parte a las características del régimen pluviométrico y térmico, a las características morfométricas que esta presente (alturas, forma, pendiente media, superficie, etc.), y al desarrollo del sistema de drenaje (densidad, frecuencia y jerarquía de la red hídrica), las cuales influyen en su torrencialidad, la velocidad de respuesta, el tiempo de concentración, y el volúmen de los caudales.

#### Origen: - Accidentales

En otras palabras, se trata del resultado del desequilibrio existente entre el volúmen a evacuar en un determinado momento, y la capacidad de evacuación de los cauces o sistemas de drenaje, en otras palabras, la diferencia entre la Demanda de Cauce y la Oferta de Cauce.

#### Deslizamiento de Tierra

En otros casos, cuando se trata de inundaciones o "salidas de madre" en condiciones de caudales "normales" (altas aguas medias), la causa se encuentra en la reducción de la sección de los colectores en forma artificial (angostamiento por urbanización, relleno por desechos, etc.), natural (sedimentación progresiva), o accidental (eventos que provocan obstrucción parcial o total) como son los deslizamientos de tierra, los derrumbes, la caída de árboles, el derrumbe de puentes, etc..

Por último, están las inundaciones de llanuras, las que se pueden asociar a un desequilibrio entre la velocidad de evacuación y el volúmen de los aportes, producto de pendientes mínimas, terreno ondulado o con pequeñas depresiones, u construcciones retardantes o entorpecedoras del flujo hídrico.

Así, estos eventos se pueden desglosar como sigue:

- Colmatación previa, natural o artificial, de cauces

2.2.1.- CAUSAS, FACTORES, PROCESOS Y CONSECUENCIAS:

- Causas de las Inundaciones:

a.- Crecidas

Origen: - Climático:

- Baja pendiente
- Lluvias intensas
- Cauces reducidos
- Fusión intensa de la nieve acumulada
- Precipitaciones prolongadas

b.- Desbordes

Origen: - Accidentales:

- Incremento de la impermeabilidad
- Angostamiento de cauces por obras de infraestructura
- Ruptura de represas
- Falta de limpieza
- Caída de frentes de hielo
- Deslizamientos de tierra
- Derrumbes

- Desbordes de:

- Caída de arboles
- Caída de puentes de riberas

- Depositación de material estéril fuera del lecho:

- Hidromorfológico y/o antrópico:

- Consecuencias:

- Desequilibrio entre el volumen en evacuación y la capacidad de colectores naturales y artificiales.
- Daños a la infraestructura urbana
- Artificialización de los cauces con reducción de la sección por bajo el nivel de las altas aguas medias.
- Destrucción de cultivos
- Pérdida de
- Colmatación previa, natural o artificial, de cauces.
- Problemas de salud

- Factores:

a.- Factores condicionantes :

- Incremento considerable y momentáneo de la alimentación de una cuenca.
- Alta compacidad y pendiente en la zona de alimentación
- Baja pendiente en la zona de evacuación y sedimentación
- Cauces reducidos u obstruídos (colmatados)

b.- Factores Coadyuvantes :

- Altas temperaturas primaverales
- Incremento de la impermeabilidad
- Angostamiento de cauces por obras de infraestructura
- Movimiento de tierras al interior del cauce
- Falta de limpieza y acondicionamiento de los cauces

- Procesos:

- Desborde de cauces
- Socavamiento y desmoronamiento de riberas
- Depositación de material estéril fuera del lecho

- Consecuencias :

- Arranque o botadura de árboles
- Daños a la infraestructura urbana
- Daños a la propiedad pública y privada
- Destrucción de cultivos
- Pérdida de fertilidad y arabilidad de suelos agrícolas
- Problemas de salud.

### 2.2.1.- EVALUACION:

De acuerdo a lo señalado, la evaluación de los procesos de inundación, el peligro de ocurrencia, y sus consecuencias debiera considerar, en sus distintos ámbitos espacio-temporales, lo siguiente:

#### a.- Evaluación de la Amenaza:

##### - Análisis de Antecedentes históricos:

- Situaciones sinópticas previas
- Productividad de la lluvia
- Areas afectadas
- Recurrencia de crecidas
- Magnitud de crecidas y desbordes

##### - Determinación de Umbrales de Desencadenamiento en relación con:

- Montos pluviométricos
- Espesor de las cubiertas nivales
- Registros de temperaturas

Conducente a: -Zonificar las áreas de producción de las amenazas.

-Diseñar e implementar medidas de control y/o mitigación en su fase genética de acuerdo al nivel y recurrencia de estas.

#### b.- Evaluación del Riesgo:

- Determinación espacial de la Exposición a las diferentes amenazas.
- Análisis de la estructura o diseño de las prevenciones tomadas e implementadas, si existen, y su funcionamiento en similares circunstancias.
- Confrontación de las Areas amagadas versus el uso actual o planificado del suelo.

Conducente a:

2.3.- AMENAZAS PRINCIPALES - VARIABLES CLAVES

- Llevar a cabo una Zonificación de Areas de Riesgo por desbordes e Inundación.
- Planificación ad-hoc del uso del suelo
- Diseñar e implementar Programas de Prevención que consideren:
  - Elusión (erradicación)
  - Mitigación
  - Diseño o rediseño de medidas estructurales, biológicas y normativas

c.- Evaluación de Consecuencias:

- Dimensionamiento de daños y pérdidas
- Cartografía de zonas afectadas según proceso y nivel de efecto
- Análisis de la efectividad de las medidas implementadas y obras ejecutadas.

Conducente a:

- Perfeccionamiento de planes y medidas
- Redefinición de la zonificación de áreas de riesgo (si fuese necesario)
- Reforzamiento o mantención de obras.

#####

Variables Claves

A fin de llevar a cabo acciones relacionadas con el primero de los aspectos señalados, se requiere en primer lugar delimitar y definir las áreas generadoras o potencialmente generadoras de dichos procesos.



### 2.3.- AMENAZAS PRINCIPALES Y VARIABLES CLAVES

#### - Amenazas Principales:

De todos estos procesos Hidro-Geomorfológicos, incluidas las inundaciones, aquellos que por su magnitud y alcance pueden ser considerados como detentores de un nivel crítico de amenaza y, por lo tanto, de primera prioridad, son los siguientes:

- De carácter local:
  - Derrumbes
  - Deslizamientos de laderas
- De alcance mayor:
  - Flujos Detrítico-Barrosos  
(Corrientes de Barro y Bloques)
  - Crecidas y Aluviones

A objeto de llevar a cabo medidas tendientes a reducir la probabilidad de ocurrencia, su recurrencia y/o su magnitud, así como los efectos de su proyección sobre asentamientos, actividades y obras antrópicas, se deben considerar dos aspectos principales:

- El nivel de equilibrio o estabilidad, y la resistencia o erodabilidad de las diferentes unidades morfológicas componentes del paisaje.

- El grado de vulnerabilidad y exposición a las amenazas de los diferentes tipos de usos del suelo.

Un tercer aspecto está relacionado, evidentemente, con los factores de disparo, pero dado que frente a estos el hombre está limitado de elementos y tecnologías capaces de reducir su energía (Ej.: reducir la intensidad de un sismo, de una erupción volcánica o de una tormenta), aparece como lo más aconsejable y posible el aumentar la resistencia y disminuir la exposición a estos eventos, paralelamente con implementar sistemas de detección predictiva y alerta.

#### - Variables Claves

A fin de llevar a cabo acciones relacionadas con el primero de los aspectos señalados, se requiere en primer lugar determinar y delimitar las áreas generatrices o potencialmente generadoras de dichos procesos.

Para este efecto se consideran como variables claves ideales a ser consideradas por el Banco las siguientes:

- Cartografía de Areas Generatrices Históricas, la cual identifique y delimite los sectores donde se han generado los diferentes procesos naturales que, alcanzando magnitud de amenaza, han generado desastres. Dicha cartografía debe indicar y caracterizar los factores físico-ambientales que generaron las condiciones para el desencadenamiento de la amenaza.
- Cartografía de Areas Generatrices Potenciales, la cual debe estar basada en el mapeo de las distintas componentes de la Erodabilidad y los Factores Potenciadores de la Erosividad, y su delimitación espacial integrada según los niveles de intensidad que alcance cada una de ellas, referidos a umbrales morfodinámicos.

La superposición de ambas cartografías permitirá tanto determinar los factores y condicionantes de los eventos desastrosos registrados, como identificar áreas que potencialmente podrían ser generadoras de estos.

En relación al segundo de los aspectos señalados, se deben identificar, categorizar según probabilidad y nivel de riesgo, y delimitar las áreas potencialmente afectables por la proyección de las amenazas.

Por lo tanto, y bajo el precepto de que "la historia vuelve a repetirse", se debe considerar aquí como información clave lo siguiente:

- Cartografía de localización y área afectada por los distintos procesos registrados históricamente, así como de áreas potencialmente afectables en función de la similitud locacional. Dicha cartografía es complementaria de la de Areas Generatrices.
- Cartografía de los distintos tipos de uso del suelo (Antropización y artificialización del espacio).

El cruce de ambas fuentes de información permitirá diseñar, adoptar y/o proponer medidas tendientes a minimizar el riesgo y las consecuencias en todos sus aspectos.

Como se desprende de lo expuesto, y en un plano ideal, el cumulo de información requerida excede en mucho la actualmente disponible, cuya generación requeriría de proyectos de investigación de costo y duración considerables.

Ante esta situación, y en un plano real tendiente a entregar las herramientas para la gestión de la protección civil en el corto plazo, se considera que los siguientes criterios podrían orientar el accionar de ONEMI al respecto:

- Procesos de Influencia Local: Variables Claves Mínimas

- 1.- Grado de Meteorización de la roca y de las cubiertas detríticas, incluyendo las áreas afectadas por alteración hidrotermal.
- 2.- Pendiente media de laderas y/o microcuencas (Ver cuadro pág. 53).
- 3.- Índice de cobertura del suelo por vegetación.
- 4.- Grado de fracturamiento de los afloramientos rocosos (Escarpes, Farellones, et.).

- Procesos de alcance mayor: Variables claves mínimas

Dado que estos se asocian fundamentalmente a la dinámica de las cuencas hidrográficas, las variables mínimas a considerar son:

- 1.- Pendiente media de las cuencas.
- 2.- Estado de los materiales de cubierta y sustrato (Equivalente a las variables 1 y 4 de los procesos de influencia local).
- 3.- Volúmenes de carga sólida disponible y localización.
- 4.- Índice de forma o Compacidad de las cuencas.
- 5.- Índice de torrencialidad.

A estas variables semi-permanentes a escala humana se deben anexar los factores detonantes (sismos, lluvias intensas, grado de humectación del suelo, erupciones, etc.), los cuales pueden actuar solos o en conjunto.

La probabilidad de ocurrencia de estos y su intensidad potencial es evaluada en los capítulos correspondientes.

A las características previamente señaladas de estos últimos, se agrega el hecho que su efectividad está condicionada por el nivel o intensidad alcanzado por las variables claves indicadas (componentes de la Erodabilidad), así como por la sumatoria de sus efectos. Por ejemplo, un sismo afectará de diferente manera a una vertiente con bajo nivel de humedad del suelo que a otra saturada de agua.

En este sentido, y a fin de cuantificar la susceptibilidad que el medio ambiente físico presenta a la manifestación de una Amenaza, se puede señalar que estas son directamente proporcionales a la interacción de la Erodabilidad y los Factores Potenciadores de la Erosividad.

Llevando lo expuesto a una escala cualitativo-cuantitativa, se pueden distinguir tres niveles de intensidad para cada variable clave, con valores-umbrales asociados:

- Grado de Intemperismo o alteración:

Niveles	PR(*)	Espesor Material Intemperizado
- Leve	1	< de 1 Mt. de profundidad
- Moderado	2	Entre 1 y 3 Mts. de profundidad
- Fuerte	3	> de 3 Mts. de profundidad

(\*) PR = Peso Relativo o valor

- Pendiente media:

Niveles	PR	Rangos de pendiente
- Leve	1	< de 5°
- Moderado	2	Entre 5.1° y 10°
- Fuerte	3	> de 10°

- Cobertura del suelo por vegetación:

Niveles	PR	Porcentaje de cobertura
- Bajo	3	< del 20% de la superficie
- Moderado	2	Entre 20% y 50% de la superficie
- Alto	1	> del 50% de la superficie

- Grado de fracturamiento de la roca:

Niveles	PR	$\Sigma$ largo fracturas por Kmt <sup>2</sup>
- Leve	1	< de 5 Kmt/Kmt <sup>2</sup>
- Moderado	2	entre 5 y 15 Kmt/Kmt <sup>2</sup>
- Fuerte	3	> de 15 Kmt/Kmt <sup>2</sup>

- Índice de Compacidad de las cuencas:

Niveles	PR	Compacidad
- Baja	1	> de 2.5
- Moderada	2	Entre 1.5 y 2.5
- Alta	3	> de 1.5

- Índice de Torrencialidad (Densidad por Frecuencia del drenaje):

Niveles	PR	Torrencialidad
- Baja	1	< de 10
- Media	2	Entre 10 y 20
- Alta	3	> de 20

- Volúmenes de carga sólida (sedimentos) disponibles: Su determinación es compleja, por lo que en una primera aproximación se puede evaluar en base a la superficie de las distintas formas deposicionales existentes al interior de las cuencas hidrográficas, determinada por planimetría de la Carta Geomorfológica correspondiente. Dicho valor se puede expresar en porcentaje del total de la superficie de la cuenca, y luego diferenciarse en niveles de riesgo como sigue:

Niveles	PR	% Superficie Deposicional
- Bajo	1	< del 20% de la Sup. Total
- Moderado	2	20 a 50% de la Sup. Total
- Alto	3	> del 50% de la Sup. Total

Determinación del Nivel de Amenaza: PARA LA RECOPIACION DE ANTECEDENTES SOBRE PROCESOS HIDRO-GEOMORFOLOGICOS

De acuerdo con el Peso Relativo (PR) o valor de cada uno de los niveles en que se dividió cada Variable Clave, y considerando igual Peso Absoluto entre ellas, se pueden obtener las siguientes Categorías de Amenaza para las unidades espaciales (cuencas hidrológicas u otra) en evaluación: LOCALIZACION/ALTURA

-----	
NIVEL DE LA AMENAZA	RANGO
-----	
- Bajo .....	< de 11
- Moderado .....	Entre 11 y 16
- Alto .....	> de 16
-----	

PROPUESTA DE FORMULARIO-ENCUESTA PARA LA RECOPIACION DE ANTECEDENTES SOBRE PROCESOS HIDRO-GEOMORFOLOGICOS

De acuerdo a lo expuesto precedentemente (Registro y cartografía de eventos históricos y recientes), así como a la alimentación permanente del Banco de Datos, se ha rediseñado el siguiente formulario-encuesta a partir de otro perteneciente a la Dirección General de Aguas del Ministerio de Obras Públicas.

<input type="checkbox"/>	1. AVALANCHA DE NIEVE (ALUD)
<input type="checkbox"/>	2. ALUVION O CORRIENTE DE AGUA Y DEBRIDOS
<input type="checkbox"/>	3. REMOSION EN MASA (DESPLAZAMIENTO DE TAJERA)
<input type="checkbox"/>	4. DERRUMBE O DESPLOME DE ROCAS
<input type="checkbox"/>	5. LANAR
<input type="checkbox"/>	6. CRECIDA E INUNDACION
<input type="checkbox"/>	7. OTRO, INDIQUE:



FORMULARIO-ENCUESTA UTILIZADO PARA LA RECOPIACION DE ANTECEDENTES SOBRE PROCESOS HIDRO-GEOMORFOLOGICOS

(Modificado de DGA-MOP por F. Ferrando A., 1994)

<p>1.- FECHA DEL SUCESO:</p> <p>- DIA: <input style="width: 100%;" type="text"/></p> <p>- MES: <input style="width: 100%;" type="text"/></p> <p>- AÑO: <input style="width: 100%;" type="text"/></p>	<p>2.- LOCALIZACION/ALTURA</p> <p>- LATITUD : <input style="width: 100%;" type="text"/></p> <p>- LONGITUD: <input style="width: 100%;" type="text"/></p> <p>- ALTURA : <input style="width: 100%;" type="text"/></p>														
<p>3.- NOMBRE DEL LUGAR: <input style="width: 100%;" type="text"/></p> <p>COMUNA : <input style="width: 100%;" type="text"/></p> <p>PROVINCIA : <input style="width: 100%;" type="text"/></p> <p>REGION : <input style="width: 100%;" type="text"/></p> <p>ASENTAMIENTO MAS CERCANO: <input style="width: 100%;" type="text"/> (Localidad, Pueblo, etc)</p>															
<p>4.- TIPO DE EVENTO NATURAL REGISTRADO:</p> <table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 5%; text-align: center;"><input style="width: 100%; height: 20px;" type="checkbox"/></td> <td>: AVALANCHA DE NIEVE (ALUD)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input style="width: 100%; height: 20px;" type="checkbox"/></td> <td>: ALUVION O CORRIENTE DE AGUA Y DETRITOS</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input style="width: 100%; height: 20px;" type="checkbox"/></td> <td>: REMOSION EN MASA (DESLIZAMIENTO DE LADERA)</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input style="width: 100%; height: 20px;" type="checkbox"/></td> <td>: DERRUMBE O DESPLOME DE ROCAS</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input style="width: 100%; height: 20px;" type="checkbox"/></td> <td>: LAHAR</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input style="width: 100%; height: 20px;" type="checkbox"/></td> <td>: CRECIDA E INUNDACION</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"><input style="width: 100%; height: 20px;" type="checkbox"/></td> <td>: OTRO. INDIQUE: <input style="width: 80%;" type="text"/></td> </tr> </table>		<input style="width: 100%; height: 20px;" type="checkbox"/>	: AVALANCHA DE NIEVE (ALUD)	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="checkbox"/>	: ALUVION O CORRIENTE DE AGUA Y DETRITOS	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="checkbox"/>	: REMOSION EN MASA (DESLIZAMIENTO DE LADERA)	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="checkbox"/>	: DERRUMBE O DESPLOME DE ROCAS	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="checkbox"/>	: LAHAR	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="checkbox"/>	: CRECIDA E INUNDACION	<input style="width: 100%; height: 20px;" type="checkbox"/>	: OTRO. INDIQUE: <input style="width: 80%;" type="text"/>
<input style="width: 100%; height: 20px;" type="checkbox"/>	: AVALANCHA DE NIEVE (ALUD)														
<input style="width: 100%; height: 20px;" type="checkbox"/>	: ALUVION O CORRIENTE DE AGUA Y DETRITOS														
<input style="width: 100%; height: 20px;" type="checkbox"/>	: REMOSION EN MASA (DESLIZAMIENTO DE LADERA)														
<input style="width: 100%; height: 20px;" type="checkbox"/>	: DERRUMBE O DESPLOME DE ROCAS														
<input style="width: 100%; height: 20px;" type="checkbox"/>	: LAHAR														
<input style="width: 100%; height: 20px;" type="checkbox"/>	: CRECIDA E INUNDACION														
<input style="width: 100%; height: 20px;" type="checkbox"/>	: OTRO. INDIQUE: <input style="width: 80%;" type="text"/>														

5.- FACTORES FISICO-AMBIENTALES DESENCADENANTES DEL PROCESO

- PRECIPITACIONES: SI  NO   
 INTENSIDAD:..... mm/24 Horas; ..... mm/hora.

- MOVIMIENTO SISMICO: SI  NO   
 INTENSIDAD GRADO: ..... (MODIF. DE MERCALLI)

- ERUPCION VOLCANICA: SI  NO   
 INDICE DE EXPLOSIVIDAD VOLCANICA:.....IEV (Newhall y Self, 1982)

- OTRA. INDIQUE:   
 :

6.- FACTORES COADYUVANTES:

- ACTIVIDADES ANTROPICAS

- DEFORESTACION .....	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
- CONSTRUCCION DE CAMINOS ....	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
- ACTIVIDADES MINERAS .....	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>

- OTRAS. INDIQUE: 1)   
 2)

- OBRAS DE INFRAESTRUCTURA

- TRANQUES O EMBALSES .....	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
- TUNELES .....	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
- PUENTES .....	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>
- BOCATOMAS .....	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input type="checkbox"/>

- OTRAS. INDIQUE: 1)   
 2)

7.- DAÑOS HUMANOS:

- NUMERO DE MUERTOS:.....  Habs.
- NUMERO DE HERIDOS:.....  Habs.
- NUMERO DE DAMNIFICADOS:.....  Habs.

8.- DAÑOS MATERIALES:

- NUMERO DE CASAS DESTRUIDAS:.....
- NUMERO DE CASAS DAÑADAS:.....
- NUMERO DE PUENTES DAÑADOS O CORTADOS:.....
- NUMERO DE EDIFICIOS DESTRUIDOS:.....
- NUMERO DE EDIFICIOS DAÑADOS:.....
- NUMERO DE TUNELES DAÑADOS:.....
- NUMERO DE EMBALSES Y TRANQUES DESTRUIDOS:....
- NUMERO DE EMBALSES Y TRANQUES DAÑADOS:.....
- CANTIDAD DE CORTES DE CAMINOS:.....
- SUPERFICIE AGRICOLA AFECTADA:.....
- NUMERO DE ANIMALES MUERTOS:.....

9.- OBSERVACIONES:

---

---

---

---

---

---

---

---

---

---

## BIBLIOGRAFIA

- CIONCHI, J. L. 1984. Geomorfología Cuantitativa de la Cuenca del Arroyo de Los Padres. En: Contribuciones Científicas XLVI Semana de Geografía GAEA. pp. 75-89. Mar del Plata, Argentina.
- CHRISTOFOLETTI, ANTONIO. 1969. Análise morfométrica das bacias hidrográficas. En: Notícia Geomorfológica, vol. 9, n° 18, pp. 1-21, Dez. 1969. Depto. de Geografia, Universidade Católica de Campinas (SP), Brasil.
- CHRISTOFOLETTI, ANTONIO. 1973. Análise Topológica de Redes Fluviais. En: Bol. de Geografia Teorética, 3(6):5-29. Rio Claro (SP), Brasil.
- CHRISTOFOLETTI, ANTONIO. 1976. Capacidade e Competência no Transporte Fluvial. En: Bol. de Geografia Teorética, 6(11/12): 67-77. 1976. Rio Claro (SP), Brasil.
- CHRISTOFOLETTI, A. 1987. Significância da Teoría de Sistemas em Geografia Física. En: Boletim de Geografia Teorética, 17-17(31-34):119-128. 1986-87. Rio Claro (SP), Brasil.
- FERRANDO A., F., 1990. Diagnóstico del Estado Morfodinámico: Importancia en la Implementación de Planes de Manejo de Cuencas Hidrográficas. En: Actas del XII Congreso de Geografía y III Jornadas de Cartografía Temática. Universidad de La Serena, La Serena, Chile. 15 al 18 de Noviembre de 1990.
- FERRANDO A., F. J., 1991. Clasificación Hidrodinámica de Chile. En: Anales del XIII Congreso Nacional de Geografía y IV Jornadas de Cartografía Temática. Universidad del Bío-Bío, Sede Chillán. Chillán, Chile. Noviembre de 1991.
- FERRANDO A., F. J., 1992. La Cuenca Andina del Rio Mapocho, Evaluación de su Dinámica natural y Riesgo Erosivo: Desarrollo Metodológico. En: Memorias del I Simposio Internacional sobre Sensores Remotos y Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el estudio de Riesgos Naturales. ICAG. Bogotá, Colombia. 8 al 15 de Marzo de 1992.
- FERRANDO A., F. J., 1992. Gestión Integral de Cuencas Hidrográficas: Proposición de Esquema Básico para Programa Nacional. En: Actas del II Congreso de Ciencias de La Tierra. Organizado por el Inst. Geográfico Militar. Santiago, Chile. 17-21 de Agosto de 1992.
- FERRANDO A., F. J., 1992. Bases para la Confección de Cartas de Erodabilidad. En: Anales del XIV Congreso Nacional de Geografía y V Jornadas de Cartografía Temática. Universidad de Talca, Talca, Chile. 4 al 7 de Noviembre de 1992.

- FERRANDO A., F. J., 1993. Estado de Equilibrio Morfodinámico: Evaluación de la Dinámica Natural y Amenaza Erosiva en Cuencas Hidrográficas de Montaña. En: IV Encuentro de Geógrafos de America Latina. Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela. Tomo Nº 1 "Geodinámica Ambiental y Riesgos Naturales".
- FERREIRA ABDALLA, S. L., 1989. A Morfometria como Técnica Auxiliar na Avaliacao de Recursos Hídricos. En: Anais do Encontro Nacional de Estudos sobre Meio Ambiente - 2. Florianópolis. vol. 1, pp 393-401. Brasil.
- FERREIRA, M. C., 1993. Dados Cartográficos Temáticos e de Imagens Orbitais na Previsao de Riscos de Inundacoes em Bacias Hidrograficas: Uma Metodologia para Sistemas de Informacao Geográfica. En: IV Encuentro de Geógrafos de America Latina. Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.
- GRANELL P., MARIA., 1991. Sensibilidade Erosiva da Bacia do Rio Pardinho, RS.. En: Anais do IV Simpósio de Geografia Física Aplicada. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil. 10-14 de Novembro de 1991.
- GREGORY, K. J. y WALLINE, D. E., 1973. Drainage Basin: Form and Process, A Geomorphological Approach. Ed. Edward Arnold, London.
- GONZALEZ G., A. J.. 1992. Avalanche Risk Evaluation at Utica. En: Memorias del I Simposio Internacional sobre Sensores Remotos y Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el estudio de Riesgos Naturales. ICAG. Bogotá, Colombia.
- INGLE SMITH, D. y STOPP, P., 1979. The River Basin: An Introduction to the Study of Hidrology. Ed. Cambridge University Press.
- KIENHOLZ, H.. 1992. Risk Zoning in Mountains: The Cuantification of Vulnerability and Hazards. En: Memorias del I Simposio Internacional sobre Sensores Remotos y Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el estudio de Riesgos Naturales. ICAG. Bogotá, Colombia.
- LEON BORDEST, S. M., 1993. Avaliacao de Riscos Ambientais com enfase nos Procesos Erosivos. En: IV Encuentro de Geógrafos de America Latina. Universidad de Los Andes, Mérida, Venezuela.
- MELTON, MARK. 1958. Correlation Structure of Morphometric Properties of Drainage Systems and their Controlling Agents. En: Journal of Geology, Vol. 66 (January-November).
- MINISTERIO DEL AMBIENTE Y DE LOS RECURSOS NATURALES RENOVABLES. DIRECCION MANEJO DE CUENCAS. 1977. Identificación de Microcuencas Prioritarias a traves de la aplicación de 34 criterios (parámetros). Instructivo 1-2. Caracas, Venezuela.



- MORA, C. S. y VAHRSON, W. G.. 1992. Determinación "a priori" de la Amenaza de Deslizamientos utilizando Indicadores Morfodinámicos. En: Memorias del I Simposio Internacional sobre Sensores Remotos y Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el estudio de Riesgos Naturales. IGAC. Bogotá, Colombia.
- OLIVARES, OSCAR R. 1990. Morfometría Fluvial Comparada. En: Análisis Geográficos, 2(3):27-49. Julio-1990. Buenos Aires, Argentina.
- ONGLEY, E. D. 1974. Fluvial Morphometry on the Cober Piedplain. En: Annals of the Association of the American Geographers, 6(42):281-292, June 1974.
- QUIRANTES, J. y SIERRA, M. C. 1982. Estimación Cuantitativa de los Procesos Erosivos en la Cuenca del Río Verde (Almuñecar-Granada). En: Cuadernos Geográficos Nº 10, pp. 97-116. Granada, España.
- ROCHE, M., 1963. Hydrologie de Surface. ORSTOM. Gauthier-Villars Editeur. Paris, France.
- SAINT-ONGE, D. A., 1968. Application de l'Analyse de Horton a la Riviere Freeman, Alberta, Canada. En: Cahiers de Geographie. Año 12, Nº 27, pp. 445-450.
- SCHUMM, S. A. y LICHTY, R. W., 1973. Tempo, Espaco e Causalidade em Geomorfologia. En: Noticia Geomorfológica 13(25):43-62. 1973. Campinas (SP), Brasil.
- SCHUMM, S. A., 1977. The Fluvial System. Ed. John Wiley and Sons. New York.
- STERNBERG, H. O. 1957. A Propósito de Meandros. En: Revista Brasileira de Geografia nº 4, pp 99-119 (Separata). Outubro-Dezembro de 1957. Brasil.
- STRAHLER, A. N., 1958. Dimensional Analysis Applied to Fluvially Eroded Landforms. En: Geol. Soc. of America Bull., Vol. 69, pp. 279-300.
- USSELMANN, P. 1972. Carte Géomorphologique et carte Hydrogéomorphologique au 1/50.000: Le Bassin du Lebrija (Colombie) Extrait 1/4 S. W.. C.N.R.S., Paris, France. pp. 181-192
- VARGAS, R., J.. 1992. Metodología para Estudios, Realización y Evaluación de Mapa de Riesgo Geológico y Zonificación Geotécnica. En: Memorias del I Simposio Internacional sobre Sensores Remotos y Sistemas de Información Geográfica (SIG) para el estudio de Riesgos Naturales. ICAG. Bogotá, Colombia.
- YOUNG, A., 1977. Slopes. Ed. Longman, London. Second Edition.

#####



### 3.- PROCESOS HIDRO-METEOROLOGICOS

Dentro del conjunto de procesos que forman parte de la hidro-meteorología, han sido considerados para su análisis e incorporación al Banco dos de los eventos cuya ocurrencia conlleva el desarrollo de diferentes niveles de amenaza y riesgo. Estos son las Tormentas y las Sequías.

A fin de encausar dicho análisis, se preparó y entregó al especialista asesor en esta temática, la siguiente pauta:

#### - TORMENTAS

(de lluvia; de nieve; eléctricas; mixtas)

#### 1.- Tipos de Procesos:

- Precipitaciones líquidas Intensas
- Precipitaciones Nivales abundantes
- Caída de rayos
- Fuertes vientos

#### 2.- Factores:

- Condiciones barométricas inestables
- Penetración de Frentes cálidos
- Fuerte estática atmosférica
- Frentes Polares potentes
- Debilitamiento o desplazamiento del Anticiclón del Pacífico

#### 3.- Consecuencias:

Físicas :

- Inundaciones

- Aludes
- Daños en la Vegetación (quiebre de ramas; quema por rayos; etc.)
- Crecidas

- Socio-Económicas:
- Daño de Viviendas
  - Daño o pérdida de cultivos
  - Pérdida de suelos
  - Muerte de ganado
  - Incremento de Accidentes
  - Muerte de personas
  - Ausentismo laboral (epidemias)
  - Pérdida de bienes

- SEQUIAS

1.- Procesos Específicos:

- Reducción Drástica del monto de las Precipitaciones
- Disminución de la frecuencia de las precipitaciones
- Agotamiento de las reservas de nieve en la cordillera
- Descenso significativo del nivel freático de las napas (agotamiento de las reservas de agua subterránea)

2.- Mecanismos Causales:

- Ciclos climáticos (?)
- Manchas solares (?)
- Cambio climático global
- Efecto Invernadero

3.- Consecuencias:

Físicas :

- Desertificación
- Estiajes prolongados
- Cambios florísticos: Muerte; reemplazo; adaptación.
- Muerte y/o migración de Fauna
- Intensificación de la deflación

Socio-Económicas :

- Pérdida de plantaciones
- Escases hídrica (agua potable y de riego)
- Racionamiento
- Aprovechamiento de emergencia
- Reducción de la producción primaria.

- 0 -

Dado que las Sequías son un proceso de desarrollo lento y progresivo, de prolongación previamente indeterminable en el tiempo, y cuyas consecuencias, principalmente económicas, no involucran pérdida repentina y masiva de vidas y bienes, por lo que escapan al concepto de Amenaza, no se considera su análisis dentro del contexto de los objetivos y alcances de este proyecto.

Por lo tanto, a continuación se presentan los resultados de los análisis que, al respecto de la primera de éstas temáticas, han sido realizados por el Sr. René Garreaud, Ingeniero Civil y Master en Meteorología, con la colaboración del Sr. Patricio Aceituno.

UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS  
DEPARTAMENTO DE GEOFÍSICA

## RIESGOS DE ORIGEN METEOROLÓGICO EN CHILE.

René Garreaud Salazar  
Ingeniero Civil  
Magister en Meteorología

### I.- ANTECEDENTES GENERALES

La gran extensión meridional de Chile se asocia a una gran variedad de climas, cuyas condiciones extremas determinan condiciones potenciales de catástrofe en cada región del país. En este contexto de variabilidad espacial, el análisis del impacto de la ocurrencia de valores climáticos extremos debe realizarse en relación a la climatología local. Así por ejemplo, una lluvia de intensidad moderada, que representa un evento habitual en la región central del país, podría constituir un desastre de proporciones en los poblados del Norte Grande donde lo normal es la ausencia de precipitación.

Las condiciones adversas de origen meteorológico para los sistemas físicos y humanos en Chile provienen principalmente de la ocurrencia de condiciones térmicas y/o pluviométricas extremas. Entre los extremos térmicos destacan las heladas y la ocurrencia de temperaturas muy altas. Con respecto a la precipitación los desastres se producen por excesos y déficit pluviométricos.

Otros eventos meteorológicos extremos que tienen un alto potencial de producir desastres son las tormentas de viento, el granizo y las nevadas en lugares donde este tipo de precipitación es infrecuente, las tormentas eléctricas, los torbellinos y tornados, aunque estos últimos son de muy rara ocurrencia.

Con respecto a la dimensión espacial de los eventos meteorológicos que producen impactos negativos es posible distinguir alteraciones climáticas de gran escala, de escala regional y local.

Existe además una cierta correspondencia entre la escala espacial de un fenómeno meteorológico y su correspondiente escala temporal. Así, las alteraciones climáticas de gran escala presentan duraciones superiores a los meses, y comúnmente se asocian a la variabilidad interanual de los sistemas climáticos. Los fenómenos de escala regional tienen duraciones típicas entre un día y una semana. Finalmente, los fenómenos de escala local ocurren en períodos de algunas horas.

Las anomalías climáticas de gran escala están determinadas por perturbaciones atmosféricas a nivel global o hemisférico. Los fenómenos El Niño y La Niña son ejemplos característicos de este tipo de perturbaciones, las cuales determinan en gran parte la variabilidad climática interanual en extensas regiones del país (Aceituno, 1988; Aceituno y Vidal, 1990; Rutllant y Fuenzalida, 1991; Aceituno y Garreaud, 1994).

Los eventos de El Niño se asocian a inviernos particularmente lluviosos en la región central de Chile, una tendencia a la sequía en la región altiplánica, y condiciones anormalmente cálidas en los valles agrícolas costeros del Norte Grande. Por otra parte, las sequías de la región central del país, están parcialmente condicionadas por la ocurrencia de los fenómenos La Niña. La factibilidad de pronósticos estacionales de las condiciones hidrológicas en Chile central se discute en Montecinos y Garreaud (1994).

En el otro extremo de la escala espacio-temporal se presentan eventos meteorológicos extremos a nivel local los cuales pueden producir importantes daños en períodos de tiempo menores que un día. Ejemplos de estas situaciones son las tormentas de origen convectivo y la actividad eléctrica asociada (rayos); granizadas; torbellinos y tornados; tormentas de viento; nevadas, etc. La experiencia nacional en la predicción de este tipo de fenómenos es bastante limitada.

Dentro del contexto de este programa, orientado a desarrollar herramientas para la gestión de la protección civil y el potencial manejo en tiempo real de catástrofes, el elemento meteorológico más importante asociado a condiciones de riesgo a nivel regional, con duraciones típicas entre un día y una semana (escala meteorológica sinóptica) y que afectan directa o indirectamente a una gran fracción de la población, corresponde a la acción de sistemas frontales que presentan condiciones anómalas respecto a sus características típicas.

Por esta razón, en este capítulo se realiza una breve descripción de la naturaleza y comportamiento de este tipo de fenómenos, una revisión de sus consecuencias y una definición de las variables fundamentales que permiten la cuantificación de su impacto.

## II.- ASPECTOS BASICOS DE LA ACTIVIDAD FRONTAL Y SUS CARACTERISTICAS PARTICULARES EN EL CASO CHILENO

La actividad frontal es un fenómeno complejo, en que intervienen la física y dinámica de la atmósfera. Su descripción ha ocupado a la meteorología sinóptica durante la mayor parte de este siglo, y una descripción más detallada de la que aquí se presenta puede encontrarse en la mayoría de los textos de meteorología (por ejemplo Wallace y Hobbs, 1981).

El modelo clásico de un frente, descrito por primera vez por Bjerknes y Solberg en 1921, corresponde a una superficie de discontinuidad entre dos masas de aire de distintas características, típicamente una masa de aire polar (fría y seca) y una de origen tropical o subtropical (cálida y húmeda). Las dimensiones (en kilómetros) de los frentes a lo largo (L) y a través (l) varían en un rango aproximado de  $500 < L < 5000$  y  $50 < l < 500$ , en tanto su escala vertical involucra toda la tropósfera.

Los frentes se clasifican en fríos o cálidos de acuerdo a que masa de aire se desplace en contra de la otra. En los frentes fríos, que son los que mayoritariamente afectan a Chile continental, el aire de esas características avanza hacia el sector cálido forzando el ascenso de este sobre la superficie frontal. Luego de un ascenso violento del aire cálido en los primeros kilómetros de altura continua un ascenso más suave e inclinado sobre la cuña de aire frío.

Estas dos condiciones producen dos tipos de precipitación: una delgada banda de lluvia muy intensa asociada a la formación de cumulos-nimbus a la cabeza del frente y una franja de mayor espesor con lluvias moderadas a suaves, producto de la nubosidad más estratificada sobre la cuña de aire frío. En conjunto, ambas franjas de precipitación de un frente frío tienen un ancho típico inferior a 100 Kilómetros.

En el caso de los frentes cálidos, el aire de esas características se desplaza y asciende suavemente sobre la masa de aire frío, originando precipitaciones en general más suave que en el caso de los frentes fríos pero en franjas de un ancho típico del orden de los 300 kilómetros. En algunos casos ocurre que el aire frío desplaza por completo a la masa de aire cálido dando origen a una situación conocida como oclusión.

La actividad frontal ocurre en conexión con el desarrollo de centros de baja presión en superficie, que proveen de la circulación necesaria para el avance del aire frío contra el



cálido (frentes fríos) o del aire cálido contra el frío (frentes cálidos). Estos centros de baja presión, también denominados depresiones, son rasgos atmosféricos migratorios que se desplazan del oeste hacia el este a velocidades variables, del orden de los 500 Kilómetros por día, cuyo movimiento esta controlado en parte por ondas en la tropósfera superior. La determinación de la trayectoria e intensidad de las depresiones constituye una de las bases del pronóstico sinóptico (día a día).

Las perturbaciones migratorias (depresiones y frentes asociados) que afectan a Chile continental tienen su origen sobre el océano Pacífico, al oeste de la línea del cambio de fecha y en latitudes tropicales y subtropicales. Desde ese sector, estas perturbaciones viajan hacia el sureste, al sur del anticiclón subtropical del Pacífico suroriental bajo cuyo predominio prevalecen condiciones estables y de buen tiempo. Los sistemas frontales arriban a la zona sur del continente (al sur de los 40°S) durante todo el año.

En los meses de invierno, debido al desplazamiento hacia el norte del anticiclón del Pacífico suroriental algunas perturbaciones pueden penetrar hasta Chile central, produciendo las lluvias de invierno sobre la región, y excepcionalmente hasta la zona norte del país.

La Figura Nº 1 esquematiza la secuencia típica del paso de un sistema frontal por la zona central y sur de Chile, junto a la evolución de algunos parámetros meteorológicos. Previo al paso del frente (condición prefrontal) se aprecia sobre el Pacífico el centro de baja presión, el frente frío y un pequeño frente cálido. Detrás del frente frío se desplaza un centro de altas presiones inmerso en la masa de aire de características frías y secas (aire polar). Durante este período, la presión barométrica disminuye, el viento superficial cambia desde el sur-oeste predominante a viento norte, advectando aire cálido e incrementando ligeramente la temperatura, y la humedad y nubosidad comienzan a aumentar sostenidamente.

El arribo del frente a continente (condición frontal) se asocia al período de precipitaciones, la presión llega a un mínimo y la temperatura disminuye bruscamente. Finalmente el centro de baja presión y el frente asociado se desplazan hacia el sector argentino y la zona central y sur de Chile quedan en una condición postfrontal, caracterizada por una disminución de la nubosidad, aumento de las presiones y temperaturas bajas (asociadas a la irrupción de aire polar).

El ciclo completo tiene duraciones y recurrencias típicas del orden de 3 a 4 días y una semana, respectivamente.



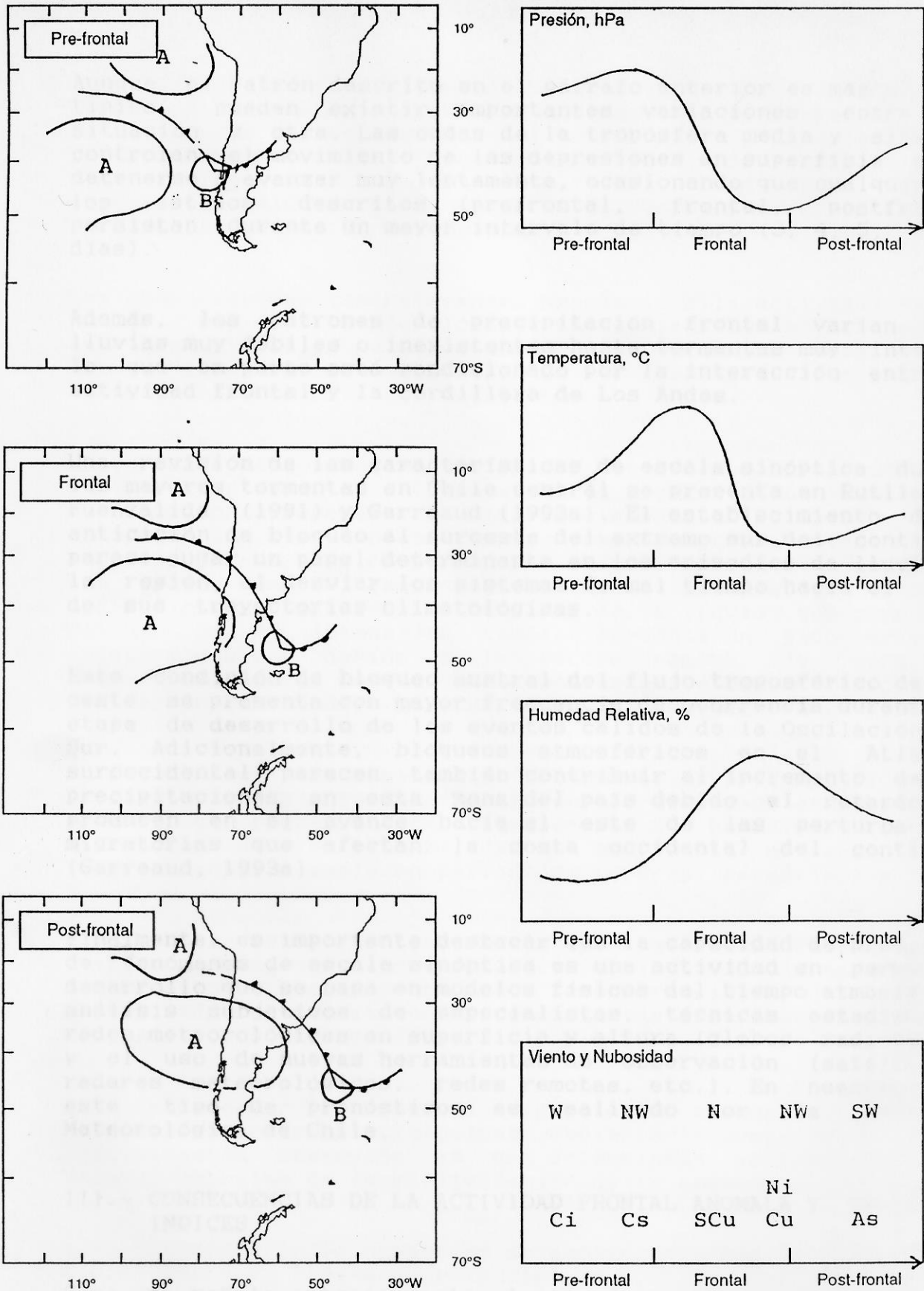


Figura 1 : Evolución típica del paso de un sistema frontal por Chile central. En los tres paneles de la izquierda se observan las condiciones prefrontal, frontal y postfrontal. En los gráficos de la derecha se muestra la evolución temporal de algunos parámetros meteorológicos.

Aunque el patrón descrito en el párrafo anterior es más o menos típico, pueden existir importantes variaciones entre una situación y otra. Las ondas de la tropósfera media y alta que controlan el movimiento de las depresiones en superficie pueden detenerse o avanzar muy lentamente, ocasionando que cualquiera de los estados descritos (prefrontal, frontal, postfrontal) persistan durante un mayor intervalo de tiempo (3, 4, 5, o más días).

Además, los patrones de precipitación frontal varían entre lluvias muy débiles o inexistentes hasta tormentas muy intensas, lo que en parte está condicionado por la interacción entre la actividad frontal y la cordillera de Los Andes.

Una revisión de las características de escala sinóptica durante las mayores tormentas en Chile central se presenta en Rutllant y Fuenzalida (1991) y Garreaud (1993a). El establecimiento de un anticiclón de bloqueo al suroeste del extremo sur del continente parece jugar un papel determinante en los episodios de lluvia en la región, al desviar los sistemas de mal tiempo hacia el norte de sus trayectorias climatológicas.

Esta condición de bloqueo austral del flujo troposférico de los oeste se presenta con mayor frecuencia de ocurrencia durante la etapa de desarrollo de los eventos cálidos de la Oscilación del Sur. Adicionalmente, bloqueos atmosféricos en el Atlántico suroccidental parecen también contribuir al incremento de las precipitaciones en esta zona del país debido al retardo que producen en el avance hacia el este de las perturbaciones migratorias que afectan la costa occidental del continente (Garreaud, 1993a).

Finalmente, es importante destacar que la capacidad de predicción de fenómenos de escala sinóptica es una actividad en permanente desarrollo que se basa en modelos físicos del tiempo atmosférico, análisis subjetivos de especialistas, técnicas estadísticas, redes meteorológicas en superficie y altura (globos radiosondas) y el uso de nuevas herramientas de observación (satélites y radares meteorológicos, redes remotas, etc.). En nuestro país este tipo de pronósticos es realizado por la Dirección Meteorológica de Chile.

### III.- CONSECUENCIAS DE LA ACTIVIDAD FRONTAL ANOMALA Y VARIABLES INDICES

Como se señaló anteriormente el paso de sistemas frontales con características anómalas constituye el principal elemento de riesgo de origen atmosférico, dentro del contexto de este trabajo.

Algunas de las condiciones anómalas pueden corresponder a una irrupción de sistemas frontales anormalmente al norte del país (aluvión de Antofagasta del 18/06/91), precipitaciones particularmente intensas y/o persistentes (inundaciones en Chile central los inviernos de 1982 y 1987), condiciones térmicas especiales (aluvión de Santiago el 03/05/93) y vientos fuertes, en especial en las zonas costeras.

Las consecuencias más relevantes asociadas a la actividad frontal anómala son de tipo hidrológico: inundaciones en zonas urbanas, crecidas fluviales y aluviones. Una revisión más detallada de estos impactos se presentan en el capítulo referente a Inundaciones.

La variable meteorológica más importante en estos procesos es la distribución espacial y temporal de la precipitación líquida. La distribución espacial de la precipitación es de difícil determinación, en especial en sectores con pocas estaciones de medición y/o terreno complejo (por ejemplo en zonas montañosas), aun cuando se han desarrollado técnicas estadísticas para su estimación. La distribución temporal de la lluvia, que permite el cálculo de su intensidad, también presenta un alto grado de indeterminación debido a la escaso número de estaciones pluviográficas, de manera que muchos estudios hidrometeorológicos consideran como índice la precipitación acumulada en 24 horas.

En forma ideal, una cartografía del umbral de precipitación para el desencadenamiento de catástrofes hidrológicas (expresada por ejemplo en precipitación acumulada en 24 horas) junto a la estimación de la probabilidad de ocurrencia de esos montos (expresada por ejemplo en período de retorno) permitiría a ONEMI:

i.- Mejorar la planificación de los sistemas regionales de emergencia mediante la determinación de las zonas de mayor riesgo hidrológico, obtenidas mediante la superposición del mapa de probabilidad histórica con información de distribución espacial de población e infraestructura.

ii.- Incrementar la capacidad de gestión en tiempo real frente a catástrofes hidrometeorológicas, mediante la comparación de la precipitación observada en un determinado episodio con los valores umbrales de la manifestación de la amenaza.

iii.- Desarrollar la capacidad de generar alertas de catástrofes hidrológicas en base a un potencial pronóstico objetivo de montos de precipitación que excedan los valores umbrales de la manifestación de la amenaza.

La estimación de la probabilidad de ocurrencia de cierto monto de precipitación en 24 horas es un problema parcialmente resuelto, en base a los análisis de frecuencia de los registros pluviométricos en distintas estaciones a lo largo de Chile (DGA, 1989) y a nivel de cuencas (estudio del MOP actualmente en desarrollo).

Por otro lado, la interacción de las condiciones pluviométricas adversas con otros elementos geográficos, en especial geomorfológicos, es una relación compleja. En consecuencia la asociación de alguna variable meteorológica (en este caso la precipitación en 24 horas) con algún índice de riesgo hidrológico es un problema difícil, que en el caso chileno tiene una complicación adicional derivada de la gran variabilidad longitudinal y transversal de las condiciones geomorfológica.

Por otro lado, la transformación de la precipitación en escorrentía es un proceso que no solo depende de las características de las tormentas y el medio receptor sino que también de las condiciones antecedentes, por ejemplo el grado de saturación del suelo.

En la actualidad existen algunos trabajos en que se han determinado para puntos específicos (secciones de ríos, comunas, etc.) entre las regiones IV y X relaciones entre la precipitación y áreas afectadas por inundaciones. Sin embargo, la extensión de este tipo de información a nivel nacional es una tarea esencialmente no realizada.

Para su desarrollo es posible el empleo de técnicas empíricas (establecer umbrales en base a eventos históricos), modelos hidrológicos-hidráulicos (simulación de las condiciones de inundación en base a la precipitación) y analogías (transposición de umbrales en base a similitudes geomorfológicas).

Finalmente, la temperatura del aire en la tropósfera, y en particular la altura de la línea de nieves durante una tormenta es una variable de principal importancia en la magnitud de las crecidas fluviales en cuencas de tipo nivo-pluvial. Este valor puede ser estimado en base a mediciones de la temperatura del aire en superficie o mediciones directas a través de la tropósfera por medio de radiosondas meteorológicas.

Las metodologías y generación de estadísticas de la altura del línea de nieve han sido abordadas por Peña y Vidal (1993) y Garreaud (1992). El impacto de la variabilidad de la línea de nieves en una crecida pluvial depende de la distribución del área de la cuenca con la altura (curva hipsométrica) que es una función de fácil estimación en base a la cartografía tradicional.



Mediante la aplicación de la técnica descrita por Garreaud (1993b) a las cuencas andinas a lo largo del país permitiría la evaluación de la sensibilidad de estas cuencas a aumentos de la altura de la línea de nieve.

Wallace, J.M. y P. Hobbs, 1981: 'Atmospheric Science: An Introductory Survey'. Academic Press, New York, 476 pp.

## BIBLIOGRAFIA

Aceituno, P. y F. Vidal, 1990: 'Variabilidad interanual de los caudales de los ríos andinos en Chile central en relación a la temperatura de la superficie del mar en el Pacífico central'. Revista de la Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica. 1-17.

Aceituno, P. y R. Garreaud, 1994: 'Impacto de los fenómenos El Niño y La Niña en los regímenes fluviométricos andinos'. Aceptado para el XVI Congreso Latinoamericano de Ingeniería Hidráulica.

Dirección General de Aguas, 1989: 'Investigaciones de eventos hidrometeorológicos extremos: Precipitaciones máximas en 24, 48 y 72 horas'. Estudio realizado por BF Ingenieros Consultores.

Garreaud, R., 1992: 'Estimación de la línea de nieves en cuencas andinas de Chile central'. Revista Chilena de Ingeniería Hidráulica. 7: 21-32.

Garreaud, R., 1993a: 'Comportamiento atmosférico asociado a grandes crecidas hidrológicas en Chile central'. Tesis de Magister en Cs. Atmosféricas. Universidad de Chile.

Garreaud, R., 1993b: 'Impacto de la variabilidad de la línea de nieve en crecidas invernales en cuencas pluvio-nivales de Chile central'. XI Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica. pp 271-286. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.

Montecinos, A. y R. Garreaud, 1994: 'Pronóstico estacional del régimen fluviométrico en Chile central'. Aceptado para el XVI Congreso Latinoamericano de Ingeniería Hidráulica.

Peña, H. y F. Vidal, 1993: 'Estimación estadística de la línea de nieve durante eventos de precipitación entre las latitudes 28 y 38 grados sur'. XI Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica. pp 215-230. Universidad de Concepción. Concepción, Chile.

Rutllant, J. y H. Fuenzalida, 1991: 'Synoptic aspects of the central Chile rainfall variability associated with the Southern Oscillation'. Int. Journal of Climatology. Vol 11: 63-76.

Wallace, J.M. y P. Hobbs, 1981: 'Atmospheric Science: An introductory survey'. Academic Press. New York. 476 pp.

Geografía - Hidrogeomorfología

#####

Los procesos hidrometeorológicos, asociados preferentemente a la ocurrencia de precipitaciones intensas y al comportamiento térmico de la atmósfera en determinadas situaciones frontales, se consideran como la componente de situaciones de peligro.

En este sentido, aparece como de vital importancia el poder disponer de datos geoespaciales detallados, es decir, asociados a unidades espacio-administrativas comunales a lo menos, de la distribución areal y temporal de las precipitaciones intensas, sus causas y modalidad de ocurrencia.

Dado que en el país no existe el número suficiente de estaciones meteorológicas para satisfacer esta necesidad de información, se debe recurrir a la información de las estaciones existentes (OGA, ENDESA, etc.) y a técnicas de interpolación a fin de generar cartografía de isoyetas, a partir de las cuales es posible asignar valores aproximados de precipitación media a diferentes unidades espaciales o administrativas.

De acuerdo a esta situación y base de información, una aproximación a la zonificación del país en función de los niveles de amenaza o peligro que, frente a fenómenos hidrometeorológicos, estas pueden presentar, tendría que basarse en los siguientes Índices o Variables Claves:

-Distribución espacial y temporal de las precipitaciones según intensidades críticas:

Índice 1: Intensidad de la precipitación en 24 horas.

Índice 2: Probabilidad de recurrencia de situaciones de peligro por unidad espacial (período de retorno en base a antecedentes históricos).



EVENTOS HIDROMETEOROLOGICOS: VARIABLES CLAVES Y DETERMINACION DE UMBRALES PARA LA CONFIGURACION DE ESCENARIOS DE PELIGRO.

F. J. FERRANDO A.  
Geografo - Hidrogeomorfólogo

Los procesos hidrometeorologicos, asociados preferentemente a la ocurrencia de precipitaciones intensas y al comportamiento termico de la atmósfera en determinadas situaciones frontales, se consideran como la componente detonante de situaciones de peligro.

En este sentido, aparece como de vital importancia el poder disponer de datos georeferenciados detallados, es decir, asociados a unidades espacio-administrativas comunales a lo menos, de la distribucion areal y temporal de las precipitaciones líquidas, sus montos y modalidad de ocurrencia.

Dado que en el país no existe el número suficiente de estaciones de registro para satisfacer esta necesidad de información, se debe recurrir a la información de las estaciones existentes (DGA, ENDESA, etc.) y a tecnicas de interpolación a fin de generar cartografía de isoyetas, a partir de las cuales es posible asignar valores aproximados de precipitación media a diferentes unidades espaciales o administrativas.

De acuerdo a esta situación y base de información, una aproximación a la zonificación del país en función de los niveles de amenaza o peligro que, frente a fenómenos hidrometeorológicos, éstas pueden presentar, tendría que basarse en los siguientes Indices o Variables Claves:

-Distribucion espacial y temporal de las precipitaciones según intensidades críticas:

Indice 1: Intensidad de la precipitación en 24 horas.

Indice 2: Probabilidad de recurrencia de situaciones de peligro por unidad espacial (periodo de retorno en base a antecedentes históricos).

-Variaciones de corto período de la estructura térmica vertical de la atmósfera:

Indice 3: Altura de la Isoterma de Cero grados Celcius.

Indice 4: Altura de la línea de nieves estacional en el caso de Cuencas de régimen Nivo-Pluvial.

En este último caso, si la altura del Indice 3 es mayor que la del Indice 4, la situación de peligro es inminente.

Respecto de la determinación de umbrales, específicamente para el caso del Indice 1: Intensidad de la Precipitación Líquida, esto requiere de diferenciaciones zonales del país, desde un punto de vista climático, ya que dadas las características de las superficies y geformas a ser afectadas, una intensidad de lluvia dada que puede ser crítica para una región árida, puede no serlo para una semiárida, y lo mismo de esta con una región templada, etc..

Así, se hace necesario determinar, en una primera fase, intensidades de Pp/24 hrs. críticas para cada una de las siguientes regiones climáticas:

- Región Arida (Norte Grande)
- Región Semiárida (Norte Chico)
- Región Templada (Chile central)
- Región Templado-Húmeda
- Región Austral-Húmeda
- Región Patagónico-Estepárica.

Por ejemplo, para la XII Región de Magallanes, dentro del Proyecto SIAMOP, se determinaron los siguientes rangos de valores por variable meteorológica a fin de determinar la Erosividad pluviométrica a nivel de cada Cuenca o Unidad Hidroespacial diferenciada:

## XII REGION DE MAGALLANES

### NIVELES DE EROSIVIDAD SEGUN RANGOS DE PARAMETROS PLUVIOMETRICOS

NIVEL	PP MEDIA	PP 24 H.	PP HORA	ENER. CINET.
1 LEVE	190 - 1140	35 - 47	7.0 - 9.5	19.7 - 20.8
2 MODERADA	490 - 3150	46 - 72	9.5 - 14.5	20.8 - 22.4
3 ALTA	680 - 4520	71 - 109	14.5 - 22.5	22.4 - 24.1
4 MUY ALTA	2550 - 6390	108 - 155	22.5 - 31.5	24.1 - 25.4

En relación al Índice 2: Probabilidad de Recurrencia.... de eventos que por experiencia histórica han causado situaciones de catástrofe, se cuenta con los registros e información necesaria como para generar una cartografía que identifique las áreas que históricamente y con diferente frecuencia han sido afectadas por este tipo de fenómeno. (Ej.: Antecedentes sobre temporales e inundaciones en Chile en los últimos 40 años. Urrutia y Lanza, 1993). (Ver Apendice II).

Respecto del Índice 3: Altura de la Isoterma de 0° Celcius, así como del Índice 4: Altura de la Línea de Nieves Estacional, sólo se requiere un sistema de monitoreo que esté entregando datos de ambas variables, conectado a un sistema de alerta que se active cuando la Isoterma mencionada ascienda por sobre dicha línea de nieves.

PROYECTO CH1/92/009/A-13/99  
"APOYO AL SISTEMA NACIONAL DE PROTECCIÓN CIVIL"

BASES PARA UN BANCO DE DATOS SOBRE RIESGO TECNOLÓGICO

Leonel Osvaldo Cifuentes R.  
Dr. en Química  
Departamento de Prevención de Riesgos

4.- GENERALIDADES

QUINTA PARTE

Debido al riesgo que representan los materiales peligrosos, se han desarrollado proyectos a nivel internacional para prevenir, preparar y responder a emergencias ocasionadas por materiales peligrosos.

SOBRE RIESGO TECNOLÓGICO

Estos proyectos han sido concebidos por grupos multidisciplinarios y en estrecha colaboración con trabajos que forman parte de Programas de Organizaciones Internacionales como el Programa del Medio Ambiente de las Naciones Unidas (UNEP), y especialmente el Programa UNEP APELL (Awareness and Preparedness for Emergencies at the Local Level); International Labour Office (ILO) (Código de Práctica sobre la Prevención de Accidentes en la Industria Pesada); International Maritime Organization; World Health Organization (WHO) o bien OMS (Organización Mundial de la Salud); el Banco Mundial y el Centro de las Naciones Unidas de Cooperación Transnacional.

Todas estas Organizaciones son muy activas en el área de la Prevención de Accidentes Químicos, y se han preparado Guías sobre preparación y respuesta en ítemos relacionados con estos accidentes.

El objetivo de toda Guía es ventar las bases de datos para la general para la planificación, construcción, manejo, operación y revisión del cumplimiento de la seguridad de las instalaciones peligrosas, de acuerdo a prevenir accidentes y responder a emergencias por materiales peligrosos y reconociendo que estos accidentes no debieran ocurrir, mitigar efectos adversos y promover la planificación nacional efectiva y la implementación de una activa preparación y respuesta a emergencias.

UNIVERSIDAD DE CHILE  
FACULTAD DE CIENCIAS FISICAS Y MATEMATICAS  
DEPARTAMENTO DE QUIMICA

PROYECTO CHI/92/009/A/13/99  
"APOYO AL SISTEMA NACIONAL DE PROTECCION CIVIL"

BASES PARA UN BANCO DE DATOS SOBRE RIESGO TECNOLOGICO

Leonel Osvaldo Cifuentes R.  
Dr. en Química  
Experto en Prevención de Riesgos

A.- GENERALIDADES

Debido al riesgo potencial que ofrecen los materiales peligrosos, se han desarrollado Proyectos a nivel internacional para prevenir, prepararse y responder a los accidentes ocasionados por materiales peligrosos.

Estos Proyectos han sido concebidos por grupos multidisciplinarios y en estrecha colaboración con trabajos que forman parte de Programas de Organizaciones Internacionales como el Programa del Medio Ambiente de las Naciones Unidas (UNEP), y especialmente el Programa UNEP APELL (Awareness and Preparedness for Emergencies at the Local Level); International Labour Office (ILO) (Código de Práctica sobre la Prevención de Accidentes en la Industria Pesada); International Maritime Organization; World Health Organizations, (WHO) ó bien OMS (Organización Mundial de la Salud); el Banco Mundial y el Centro de las Naciones Unidas de Corporaciones Transnacionales.

Todas estas Organizaciones son muy activas en el Area de la Prevención de Accidentes Químicos, y se han preparado Guías sobre preparación y respuesta en Tópicos relacionados con estos accidentes.

El objetivo de toda Guía es sentar las bases de una directriz general para la planificación, construcción, manejo, operación y revisión del cumplimiento de la seguridad de instalaciones peligrosas, de acuerdo a prevenir accidentes provocados por materiales peligrosos y reconociendo que tales accidentes nunca debieran ocurrir, mitigar efectos adversos a través de planificaciones nacionales efectivas y también una activa preparación y respuestas a emergencias.

Estos Principios deben proporcionar información y consejos, relacionados con la función y las responsabilidades de las autoridades públicas, industriales, empleados, trabajadores en general y sus representados, como también otras partes interesadas, tales como miembros del público potencialmente afectado en el evento de un accidente y organizaciones no gubernamentales.

La palabra "SEGURIDAD" debe comprender salud, seguridad y protección del medio ambiente y se debe incluir la protección de propiedades, extendiéndolo a todo lo relacionado a prevención de, prevención para, y respuesta a accidentes provocados por sustancias peligrosas.

Siempre se debe considerar, como materias a tratar, la protección a trabajadores y público en general, protección medio ambiental y otros aspectos de seguridad ambiental que esten estrechamente relacionados, y es beneficioso para una empresa al integrar y coordinar varios aspectos de estas áreas tanto como sea posible.

Por lo general los textos se escriben dirigidos a temas específicos muy acotados, por ejemplo, tradicionalmente sobre accidentes químicos, incendios, etc., es decir, dirigido sólo a aquellos aspectos concernientes a accidentes comprendiendo sustancias peligrosas, pero se debe reconocer, que deben tomarse acciones en conformidad a escribir una "Guía de Principios" que sirva para mejorar todo lo concerniente a sanidad medio ambiental y efectiva realización de la seguridad. Esta Guía debe poder aplicarse a toda instalación peligrosa, por ej. plantas locales fijas en producción, procesos, uso, manufactura, depósito o almacenaje de sustancias peligrosas, de manera que exista el riesgo de una mayor accidentabilidad por causa de las sustancias peligrosas.

Por lo tanto, estos Principios deben poder aplicarse, no sólo a las instalaciones en las cuales los "Reactivos Químicos" (Químicos) son producidos o procesados, sino también, a otras operaciones industriales y comerciales, en las cuales las sustancias peligrosas son manipuladas o almacenadas con un alto potencial de fuego, explosión, derrames u otros accidentes en que participen estas sustancias.

Por otra parte, se acostumbra a tratar los accidentes provocados por emanaciones, derrame o liberación de materiales radiactivos, en Textos aparte, para tal efecto, existen guías internacionales donde son tratados estos temas, como también Organizaciones Internacionales específicas relacionadas con la energía atómica como la International Atomic Energy Agency (IAEA), International Nuclear Event Scale (INES), OECD Nuclear Energy Agency (OECD/NEA).



Otro aspecto importante a considerar, es el relacionado al "transporte de sustancias peligrosas". Aquí se deben considerar por ej., el transporte a través de pipelinas, externa a una instalación peligrosa; o a través de carreteras de distinto nivel de importancia (calidad del trazado, calzada, número de vías, flujo vehicular, etc.); ferrocarril, mar ó aire. En muchos de ellos aún no han sido específicamente ordenadas, aún cuando, muchos de los principios anteriormente tratados, se aplican a tales transportes. También se debe considerar la aplicación de estos Principios en facilitar el traslado, en las operaciones de carga y descarga de las sustancias peligrosas.

Los Principios que debe contener toda Guía, deben estar basados sobre la premisa que todas las instalaciones peligrosas deben cumplir con todos los mismos objetivos de seguridad; esto es, las mismas probabilidades de seguridad, prescindiendo del tamaño, ubicación o clima, o si la instalación es propiedad pública o privada.

Buscando una normalización de los métodos, se debe tener en cuenta que toda guía debe ser desarrollada, reconociendo que en su aplicación debe existir flexibilidad debido a las significativas diferencias que existen entre los países con respecto por ejemplo a infraestructuras legales y reguladoras, cultura y disponibilidad de recursos. En suma, pueden haber pequeñas diferencias en la aplicación de estos principios entre instalaciones nuevas y las ya existentes, como también deben poder aplicarse en un amplio rango de industrias referido a distintos tipos y tamaños de instalaciones; estos factores no deben minimizar la aplicabilidad de la guía, por el contrario pueden tomarse como herramientas válidas en una aproximación y como implementos de los principios en una situación específica.

#### GUIA PARA USUARIOS

Los Principios que debe contener toda "Guía para usuarios" deben estar estrechamente ligados con la Prevención de accidentes y con la preparación y respuesta a emergencias, por lo tanto:

I.- La Prevención debe organizarse comenzando con el rol (participación) de las autoridades públicas en el fomento de objetivos de la seguridad y control sistemático; y el rol de la industria organizando cursos y prácticas de seguridad.

II.- La puesta en marcha de estos Principios, relaciona la planificación, construcción y operación de instalaciones peligrosas, así como la revisión de la ejecución de la seguridad y evaluación relacionada a la prevención de accidentes.

III.- Se deben considerar acciones que responderían en orden a minimizar los efectos adversos de riesgos (remanentes/residuales) en un plan nacional permanente.

IV.- Se deben montar acciones de conocimiento de la comunidad.

V.- Se debe cubrir un amplio rango de temas que comprenden la preparación y respuesta de emergencia.

VI.- Debe contemplarse la investigación y desarrollo, preparación y respuesta, relacionado con la Prevención de Accidentes.

VII.- Debe existir transferencia de tecnología e inversiones internacionales relacionadas con instalaciones en países que no pertenecen a países desarrollados (p. ej. países de la Comunidad Europea, ó a los perteneciente a OECD (Organizaion for Economic Co-operation and Development)).

VIII.- Deben existir Programas de asistencia bi-lateral y multilateral.

IX.- Deben contemplarse oficinas de información que acumulen listados de referencia, publicaciones que han sido consideradas por los expertos como de particular relevancia, y todas ellas se cosideran que en general pueden ser conocidas y comprendidas por todo el público.

También deben existir puntos de contacto entre estos países y en Organizaciones Internacionales, donde sea posible obtener información sobre publicaciones y sobre programas relacionados con la prevención de accidentes químicos (preparación y respuesta).

## B. BANCO DE DATOS SOBRE SUSTANCIAS PELIGROSAS

Como fuente de información se puede tomar el listado del Banco de Datos sobre sustancias peligrosas, disponibles en los países miembros de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico), el cual forma parte de un proyecto para prevenir, prepararse y responder a los accidentes ocasionados por sustancias peligrosas realizado dentro del Programa Ambiental de la OCDE.

Entre los diversos objetivos, este Proyecto busca facilitar el acceso a información valiosa para las labores de Prevención de los Accidentes y de respuestas a las Emergencias, así como su intercambio.

Ellos han publicado una guía par los usuarios como resultado de la investigación de los Bancos de Datos de los países miembros de la OCDE, pero aclaran que dado que los Bancos de Datos de sustancias peligrosas útiles para la planeación y la respuesta a las emergencias evolucionan con mucha rapidez, indican que esta Guía, refleja la situación de aquellos que estaban disponibles a fines de 1989 y principios de 1990, además indican que ninguno de los Bancos de Datos que aparecen en esta guía ha sido puesto a prueba específicamente por la OCDE.

Basándose en esta información, se puede sugerir un esquema de "Banco de Datos", siguiendo lineamientos internacionales, como a continuación se indica:

- 1.- Nombre del Banco de Datos
- 2.- Idioma(s) del Banco de Datos
- 3.- Descripción del Banco de Datos
- 4.- Contacto, para su adquisición o mayor información
- 5.- Características del Banco de Datos General, con sus aplicaciones, sus limitaciones y restricciones, sus fuentes y documentación.
- 6.- Contenidos del Banco de Datos.
- 7.- Funciones del Banco de Datos: Se debe considerar modelado, perfiles estadísticos, generación de informes.
- 8.- Requerimientos del Banco de Datos: En cuanto a hardware, software e interfases, así como configuraciones opcionales
- 9.- Adquisición del Banco de Datos: En aspectos como precio condiciones y requerimientos, capacitación y soporte.
- 10.- Síntesis del Banco de Datos: Formulada con base en los cuestionarios completados, otros materiales y en el seguimiento de los usuarios que responden y de los que los anteriores dieron como referencias.

## CONTENIDOS DEL BANCO DE DATOS

En relación al punto 6.- Contenidos del Banco de Datos arriba indicado, se considera que estos deben ser los siguientes:

### 6.1.- IDENTIFICACION QUIMICA

- 1.- Nombre químico
- 2.- Sinónimos químicos
- 3.- Nombres comerciales
- 4.- Nombres reglamentarios según:
  - CAS (Chemical Abstracts Service);
  - EINECS (European Inventory of Existing Commercial Chemical Substances);
  - UN (United Nations); y
  - IUPAC (International Union Pure Application Chemistry).

5. Código de riesgo ADR

6. Código de riesgo para rotulación.

a) Fórmula estructural

b) Estructura química, vía una tabla de conexión almacenada y proyectada en terminales gráficas

c) Código HAZCHEM (acción de emergencia).

### 6.2.- PROPIEDADES

1. Punto de ebullición

2. Punto de fusión

3. Punto de inflamación

4. Temperatura de ignición

5. Temperatura de descomposición

6. Densidad relativa de vapor

7. Límites de explosión

8. Límite de olor

9. Tensión de vapor

- 10.Densidad relativa
- 11.Peso molecular
- 12.Gravedad específica
- 13.Descripción general relativa
- 14.Solubilidad en agua y otros líquidos
- 15.Agentes catalítico/reactivos.
- 16.Indice de evaporación
- 17.Coeficiente de distribución en aceite/agua
- 18.REACCION CON EL AGUA
- 19.Apariencia
- 20.Descomposición.

### 6.3.- MANEJO Y RESPUESTA

- 1.Medios/medidas de transporte
- 2.Rotulación
- 3.Medidas de seguridad
- 4.Tratamiento del fuego; respuesta no habiendo fuego
- 5.Ropa de protección (ojos/piel/inhalación)
- 6.Medidas/acciones de primeros auxilios
- 7.Contactos/especificaciones de los fabricantes
- 8.Medidas de limpieza
- 9.Sustancias diluyentes
- 10.Distancia/límites de seguridad
- 11.Distancia/límites de evacuación
- 12.Número(s) telefónico(s) de emergencia
- 13.Hojas de Datos sobre Seguridad del Material de los fabricantes
- 14.Medidas preventivas
- 15.Medidas/medios de almacenamiento
- 16.Medidas/medios de transporte

17.Descontaminación

18.Medidas mitigantes

19.Productos de descomposición.

#### 6.4.- EFECTOS SOBRE LA SALUD

1.Toxicidad

2.Irritación de la piel/los ojos

3.Carcinogenicidad

4.Teratogenicidad

5.Límites de exposición de los trabajadores

6.Toxicidad oral aguda

7.Toxicidad dérmica aguda

8.Toxicidad aguda por inhalación

9.Neurotoxicidad

10.Efectos sobre órganos específicos

11.Condiciones de sensibilización/alérgicas

12.Toxicidad subcrónicas

13.Mutagenicidad

#### 6.5.- EFECTOS SOBRE EL MEDIO AMBIENTE

1.Degradación

2.Acumulación

3.Toxicidad acuática

4.Toxicidad para los animales terrestres.

#### 6.6.- ATRIBUTOS RELACIONADOS

1.Contiene los reglamentos del transporte

2.Extensa información sobre la conveniencia de la ropa protectora de acuerdo con el material.



3. Usos/patrones de uso

4. Fabricantes/transportistas/almacenadores/importadores conocidos

5. Restricciones mediante legislación/reglamentación.

6. Referencias sobre legislación/reglamentos.

### 6.7.- INTERFASES

1. Extensa flexibilidad para los usuarios de crear archivos locales a fin de interrelacionarse con el Banco de Datos

2. Banco de Datos Bibliográficos y Base de Datos de estudios sobre la salud y seguridad ocupacional, individuos y organizaciones a los cuales recurrir.

#####

Sin embargo, en este caso se trata de relaciones la correspondencia especial entre el posible desarrollo o proyección de fenómenos naturales con magnitud de amenaza y la localización de las instalaciones industriales.

A este respecto, y como se muestra en los diagramas de flujo anexos, la creación de situaciones de riesgo que varían específicamente con el emplazamiento de industrias en áreas que, por su dinámica físico-ambiental, están sujetas a la acción de los efectos de procesos naturales de gran energía.

En Chile, los principales procesos naturales con carácter de amenaza corresponden a:

- Inundaciones
- Lahares o Avatachones volcánicos, y
- Sismos de gran magnitud

AMENAZAS NATURALES E INSTALACIONES INDUSTRIALES: CRITERIOS PARA LA DETERMINACION DE SITUACIONES DE PELIGRO.

F. J. FERRANDO A.  
Geografo - Hidrogeomorfolo

Si se tratara de determinar el Riesgo Tecnológico de las Industrias per sé, habría que considerar por ejemplo aspectos tales como:

- Naturaleza de las Materias Primas
- Manipulación y Procesamiento de éstas
- Vias y tipo de transporte utilizado
- Sistemas de bodegaje o almacenamiento
- Impacto en el entorno (toxicidad de desechos y emanaciones)
- Polución sónica, etc..

Sin embargo, en este caso, se trata de relacionar la correspondencia espacial entre el posible desarrollo o proyección de fenómenos naturales con magnitud de amenaza y la localización de las instalaciones industriales.

A este respecto, y como se desprende de los diagramas de flujo anexos, la creación de situaciones de riesgo tiene que ver específicamente con el emplazamiento de industrias en áreas que, por su dinámica físico-ambiental, están sujetas a la acción de los efectos de procesos naturales de gran energía.

En Chile, los principales procesos naturales con carácter de amenaza corresponden a:

- Aluviones
- Inundaciones
- Lahares o Avalanchas volcánicas, y
- Sismos de gran magnitud

De estos procesos, los cuales generan efectos muy similares al alcanzar instalaciones industriales, los tres primeros tienen un desarrollo o proyección lineal, por lo que la situación de riesgo se hace presente cuando una industria se encuentra emplazada dentro de este "callejón".

Al respecto, la identificación de la probabilidad de ocurrencia de alguno de estos fenómenos, y su área de desplazamiento, permitiría configurar cartas temáticas que representen una zonificación espacial de áreas de riesgo, jerarquizado de mayor a menor.

Si a esta cartografía se superpone una de localización industrial, tipificadas éstas de acuerdo a la peligrosidad de las sustancias y procesos que llevan cabo, quedaría determinada automáticamente el riesgo de las locaciones industriales.

Dicho nivel de riesgo está además asociado al tipo de industria, por lo que los antecedentes indicados al principio, y relativos a la clasificación del nivel de peligro de las industrias per sé es fundamental, a fin de poder determinar el posible impacto de un desastre en el entorno, principalmente si éste es urbano.

Respecto del peligro sísmico, es necesario el desarrollar una cartografía que identifique unidades espaciales según la respuesta del suelo a las distintas magnitudes de los movimientos telúricos y sus consecuencias geomorfológicas (hundimientos del terreno, afloramiento de napas, agrietamientos, etc.).

En base a las aceleraciones del suelo registradas durante los terremotos acaecidos en el país, y el registro de las consecuencias indicadas, es posible establecer una relación entre el tipo y naturaleza de materiales del sustrato y su comportamiento ante un requerimiento efectuado por los sismos.

Esta base de información podría ser extrapolada sobre una carta geológica, con lo cual se tendría una primera aproximación a una carta de unidades areales según el nivel de peligro que representan ante la manifestación de éste tipo de fenómenos.

Dicha información debería ser complementada con una cartografía de localización de los eventos sísmicos de mayor magnitud y su recurrencia temporal, lo cual contribuiría a afinar los límites de las unidades.

Una cartografía de este tipo, a la cual se superpone aquella de los tipos de industria según su peligrosidad intrínseca, permitirá también determinar las localizaciones de alto, mediano o bajo riesgo, tanto actual como potencial, para la industria.

Dicho instrumento serviría además como una herramienta de apoyo a la planificación en relación con la localización de nuevos parques industriales.

Se debe considerar además, y como otro elemento de juicio para determinar la peligrosidad de una locación, el tipo de uso de suelo del entorno, ya que por ejemplo, la confluencia de industrias químicas y localizaciones intraurbanas constituyen de por sí una situación de alto riesgo. A este respecto, la cartografía de localización tipificada de las industrias debe incorporar esta variable.

La tipificación de las industrias debe considerar de partida como un colapso físico de ellas puede generar un impacto social y económico, tanto inmediato como a mayor plazo. Un segundo aspecto tiene que ver con el tipo de industria, pudiendo ser clasificadas en distintos niveles de peligro, por ejemplo como sigue:

NIVEL DE PELIGRO	TIPO DE INDUSTRIA
Muy Alto .....	Industrias que manipulan productos químicos
Alto .....	Industrias Metal-Mecánicas
Moderado .....	Industrias de la Madera
Bajo .....	Industrias Alimenticias
Muy Bajo .....	Industrias textiles

#####

PROCESO O  
FENOMENO

ALUVION

CAUSAS

PRECIPITACIONES INTENSAS.  
ASCENSO ANORMAL ISOTERMA  
DE 0 GRADOS.

EFFECTOS  
SOBRE LA  
GEOMORFOLOGIA

-REMOSION DE SEDIMENTOS.  
-MODIFICACION DE CAUCES  
-SEDIMENTACION

EFFECTOS  
SOBRE LOS  
SUELOS

-PERDIDA DE SUELOS POR ENTERRAMIENTO.  
-PERDIDA DE SUELOS POR EROSION.

EFFECTOS  
SOBRE LA  
VEGETACION

-BOTADURA DE ARBOLES.  
-ARRANQUE O QUIEBRE DE ARBUSTOS.  
-SEDIMENTACION DE CUBIERTAS HERBACEAS.

EFFECTOS SOBRE  
OBRAS DE  
INFRAESTRUCTURA

-CORTE DE CAMINOS Y CANALES.  
-DANO O RUPTURA DE EMBALSES.  
-CAIDA DE PUENTES

EFFECTOS SOBRE  
ASENTAMIENTOS  
URBANOS

-ATERRAMIENTO DE CALLES Y CASAS.  
-DESTRUCCION DE POSTACION, CERCOS, CASAS, ETC.  
-DANO Y MUERTE DE PERSONAS.

EFFECTOS  
SOBRE LA  
AGRICULTURA

-DESTRUCCION DE CULTIVOS Y DE PLANTACIONES.  
-PERDIDA DE FERTILIDAD DE LOS SUELOS.

EFFECTOS  
SOBRE LA  
INDUSTRIA

-DANO O DESTRUCCION DE INSTALACIONES.  
-DANO O DESTRUCCION DE MATERIAS PRIMAS Y DE PRODUCTOS.

FJFA-1994

PROCESO O  
FENOMENO

**INUNDACION**

CAUSAS

- CRECIDAS.
- CAUCES OBS-  
TRUIDOS.
- CONSTRUCCION  
EN CAUCES.

**EFFECTOS  
SOBRE LA  
GEOMORFOLOGIA**

- SEDIMENTACION  
POR MATERIALES  
FINOS.
- LICUEFACCION.
- DESMORONAMIENTOS  
LOCALES DE TALU-  
DES Y RIBERAS.

**EFFECTOS  
SOBRE LOS  
SUELOS**

- ANEGAMIENTOS
- SATURACION HI-  
DRICA.
- LAVADO (AUMENTO  
DE LIXIVIACION)

**EFFECTOS  
SOBRE LA  
VEGETACION**

- CAIDA DE ARBOLES  
POR REBLANDECI-  
MIENTO TERRENO.
- ASFIXIA Y MUERTE  
DE ESPECIES HER-  
BACEAS POR ANA-  
EROBISMO.

**EFFECTOS SOBRE  
OBRAS DE  
INFRAESTRUCTURA**

- DANO A BASES Y  
TERRAPLENES POR  
REBLANDECIMIENTO  
DEL TERRENO.

**EFFECTOS SOBRE  
ASENTAMIENTOS  
URBANOS**

- DANO A VIVIENDAS  
Y MOBILIARIO.
- ANEGAMIENTO DE  
SUBTERRANEOS.
- ENLODAMIENTO.

**EFFECTOS  
SOBRE LA  
AGRICULTURA**

- DANO A CULTIVOS  
ANUALES.
- PERDIDA DE CO-  
SECHAS.

**EFFECTOS  
SOBRE LA  
INDUSTRIA**

- DANO A INSTALA-  
CIONES.
- DANO Y/O PERDIDA  
DE MATERIAS PRI-  
MAS Y PRODUCTOS.

FJFA/1994



PROCESO O FENOMENO

**LAHAR O AVALANCHA VOLCANICA**

CAUSAS

-ERUPCION VOLCANICA.  
(COLADAS DE LAVA Y LLUVIA DE PIROCLASTOS SOBRE EL HIELO (GLACIAR) Y MANTO NIVAL).

**EFFECTOS SOBRE LA GEOMORFOLOGIA**

-MODIFICACION DE CAUCES.  
-SEDIMENTACION Y CAMBIO MODELADO.  
-EMBANCAMIENTO Y RELLENO CUERPOS LACUSTRES.

**EFFECTOS SOBRE LOS SUELOS**

-PERDIDA DE SUELOS POR ENTERRAMIENTO BAJO MATERIALES ESTERILES.  
-EROSION Y DECAPITACION PERFIL.

**EFFECTOS SOBRE LA VEGETACION**

-DESTRUCCION DE PRADERAS.  
-VOLTEADURA Y ARRANQUE DE ARBOLES Y ARBUSTOS.  
-QUEMA POR FLUJOS CALIENTES.

**EFFECTOS SOBRE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA**

-ATERRAMIENTO Y CORTE DE CAMINOS  
-CORTE O DANO DE PUENTES, CANALES DE RIEGO, LINEAS DE ALTA TENSION.

**EFFECTOS SOBRE ASENTAMIENTOS URBANOS**

-DESTRUCCION TOTAL O PARCIAL DE POBLADOS.  
-OBSTRUCCION DE SISTEMAS DE DRENAJE.

**EFFECTOS SOBRE LA AGRICULTURA**

-PERDIDA DE CULTIVOS ANUALES.  
-DANO A FRUTALES Y PERDIDA DE COSECHAS.

**EFFECTOS SOBRE LA INDUSTRIA**

-DANO Y/O DESTRUCCION DE INSTALACIONES (EDIFICIOS, BODEGAS, ETC.).  
-PERDIDA DE MAQUINARIA.

FJFA/1994

PROCESO O FENOMENO

SISMO O TERREMOTO

CAUSAS

DINAMICA DE PLACAS (SUBDUCCION DE LA PLACA DE NAZCA BAJO LA PLACA SUDAMERICANA).

EFFECTOS SOBRE LA GEOMORFOLOGIA

-DERRUMBES Y DESLIZAMIENTOS DE LADERAS.  
-MOVIMIENTO DE FALLAS.  
-AGRIETAMIENTO DEL SUELO.

EFFECTOS SOBRE LOS SUELOS

-AGRIETAMIENTOS.  
-HUNDIMIENTOS LOCALES (ASENTAMIENTOS).  
-CAMBIOS DEL REGIMEN DE HUMEDAD (HIDROMORFISMO).

EFFECTOS SOBRE LA VEGETACION

-AFLOJAMIENTO DE RAICES.  
-CAIDA DE ESPECIES DE RAICES SUPERFICIALES.

EFFECTOS SOBRE OBRAS DE INFRAESTRUCTURA

-DANO PARCIAL O TOTAL A CAMINOS, CANALES, PUENTES Y MUROS EMBALSSES  
-DANO O CORTE DE REDES DE DISTRIBUCION.

EFFECTOS SOBRE ASENTAMIENTOS URBANOS

-DERRUMBE DE CASAS Y EDIFICIOS.  
-AGRIETAMIENTO DE CALLES.  
-CORTE DE SUMINISTROS.  
-INCENDIOS.

EFFECTOS SOBRE LA AGRICULTURA

-CAIDA DE ARBOLES  
-DESGANCHAMIENTO DE FRUTALES O CAIDA DE FRUTA. (SEGUN ESTACION)

EFFECTOS SOBRE LA INDUSTRIA

-DANO O DESTRUCCION DE EDIFICIOS E INSTALACIONES.  
-PERDIDA DE MAT. PRIM. PRODUCTOS.  
-INCENDIOS.  
-EXPLOSIONES

FSFA/1994

# LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA Y EL DISEÑO DEL BANCO NACIONAL DE RIESGOS Y AMENAZAS NATURALES

C. Korfach

## Introducción

Dentro del Proyecto "Apoyo al Sistema Nacional de Protección Civil", el desarrollo de la actividad 2.1.2.- "Definición de Parámetros para establecer un Banco Nacional de Riesgos y Amenazas Naturales y Criterios para su Diseño", considera como componente fundamental la definición de un sistema automatizado de manejo de la información, a fin de transformar este en una herramienta de toma de decisiones orientada a un uso y manejo adecuado cuando se lleve a cabo el desarrollo de este repartición ministerial.

### SEXTA PARTE:

#### LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA

En este marco, se debe la necesidad de fortalecer la capacidad de gestión de ONEMI Y EL DISEÑO DEL BANCO NACIONAL DE RIESGOS Y AMENAZAS NATURALES operación y manejo de los datos y sistemas de gestión de los mismos que permitan satisfacer los requerimientos antes señalados.

La gestión de la protección civil demanda un accionar en el plano de prevención y de la acción una vez sucedidos los eventos de desastres u otras emergencias. Para estos casos, es necesario contar con la información adecuada y oportuna que permita tomar las decisiones correctas en el momento preciso.

Todo lo anterior se vera reforzado en su necesidad, pero también en su eficacia bajo el imperio de una Ley Marco que englobe el conjunto de las funciones y actividades de la protección civil.

#### 1.- Objetivo de la Actividad

El objetivo central de esta actividad es determinar las bases, parámetros y criterios para la creación de un Banco Nacional de Riesgos y Amenazas Naturales.

Interpretando el sentido del objetivo propuesto, no sólo se trata de crear un Banco Nacional de Riesgos y Amenazas Naturales, sino un Sistema de Información Para la Protección Civil, donde uno de cuyos componentes principales es la Base de Datos.

# LOS SISTEMAS DE INFORMACION GEOGRAFICA Y EL DISEÑO DEL BANCO NACIONAL DE RIESGOS Y AMENAZAS NATURALES

C. Fonfach C.

## Introducción

Dentro del Proyecto "Apoyo al Sistema Nacional de Protección Civil", el desarrollo de la actividad 2.1.a.- Definición de Parámetros para establecer un Banco Nacional de Riesgos y Amenazas Naturales y Criterios para su Diseño", considera como componente fundamental la definición de un sistema automatizado de manejo de la información, a fin de transformar este en una herramienta de toma de decisiones, orientados a un mejor y más adecuado desempeño de las labores propias de esta repartición ministerial.

En este marco y ante la necesidad de fortalecer la capacidad de gestión de ONEMI en cuanto a preparativos, prevención, respuesta, operaciones y manejo, para controlar y superar los eventos de desastres y otras situaciones de emergencia, se hace necesario concebir un banco de datos y un sistema de gestión de los mismos que permitan satisfacer los requerimientos antes señalados.

La gestión de la protección civil demanda un accionar en el plano de prevención y de la acción una vez acaecidos los eventos de desastres u otras emergencias. Para ambos casos, es necesario contar con la información adecuada y oportuna que permita tomar las decisiones correctas en el momento preciso.

Todo lo anterior se verá reforzado en su necesidad, pero también en su eficacia bajo el imperio de una Ley Marco que englobe el conjunto de las funciones y actividades de la protección civil.

### 1.- Objetivo de la Actividad

El objetivo central de esta actividad es determinar las bases, parámetros y criterios para la creación de un Banco Nacional de Riesgos y Amenazas Naturales.

Interpretando el sentido del objetivo propuesto, no sólo se trata de crear una Banco Nacional de Riesgos y Amenazas Naturales, sino un Sistema de Información Para la Protección Civil, donde uno de cuyos componentes principales es la Base de Datos.

De acuerdo a la dimensión territorial que tiene el accionar de ONEMI ante los riesgos y amenazas naturales, se requiere que los datos del Banco Nacional de Riesgos y Amenazas tengan una clara dimensión espacial y que el sistema que los gestione tenga la capacidad de analizarlos en esa misma dimensión. Por este motivo, en el marco de este mismo proyecto ONEMI decidió la adquisición de un Sistema de Información Geográfica (SIG), en particular el software PC-ARC-Info.

## 2.- Los Sistemas de Información Geográfica (SIG)

Los sistemas de información geográfica son herramientas computacionales orientadas al ingreso, almacenamiento, análisis, modelación y salida de datos geográficos.

En un sentido más amplio, los sistemas de información geográficos deben ser conceptualizados considerando cuatro dimensiones:

- Computacional (computadores, mesas digitalizadoras, impresoras, plotters, scanners, etc.).
- Software (programas de SIG).
- Información (los datos).
- Organizacional, es decir, el marco institucional en el cual se insertan las dimensiones anteriores. En este ambiente, se toman las decisiones y radica el conocimiento.

Los módulos que debe o puede tener un SIG son :

- Herramientas para el ingreso y manipulación de los atributos espaciales
- Herramientas para el ingreso y manipulación de los atributos no espaciales
- En el último tiempo se advierte una fuerte tendencia a la unificación herramientas para el ingreso y procesamiento de información satelital, de la tecnología de procesamiento de imágenes y los SIG
- Herramientas para la generación de salidas gráficas (mapas, imágenes, gráficos, etc.) e información alfanumérica (tablas, reportes, etc.).
- Herramientas para la importación y exportación de datos

En la actualidad los Sistemas de Información Geográfica han evolucionado desde la mera capacidad de producción cartográfica y la capacidad de responder a consultas específicas hasta transformarse en herramientas para ser empleadas en el proceso de toma de decisiones.

En el presente los SIG muestran un enorme potencial para la asignación de recursos, permitiendo modelar escenarios y efectos espaciales en el proceso de toma de decisiones (Eastman, 1993). De esta forma se transforman en una poderosa herramienta para ser incorporada a los problemas relacionados con la protección civil y de ordenamiento del territorio en general.

## 2.1.- Dato Geográfico

El dato geográfico está caracterizado por dos tipos de atributos, los espaciales y los no espaciales. Los espaciales se refieren a las coordenadas que permiten ubicar cualquier objeto en el espacio. Estas coordenadas pueden ser bi-dimensionales (indicando x,y) o tri-dimensionales (x,y,z). Las propiedades no espaciales, son aquellas que caracterizan al objeto.

Así por ejemplo, de una estación meteorológica podemos conocer sus coordenadas que permiten ubicarla en el espacio y además conocer un conjunto de atributos que la caracterizan (temperaturas, precipitaciones, vientos, etc).

Por otra parte, en la medida que se resuelvan ciertos problemas teórico-prácticos, el dato geográfico deberá en un futuro incorporar la dimensión temporal en su propia definición.

Además, el dato geográfico puede tener una dimensión topológica, que permite establecer y conocer las relaciones de este con sus vecinos.

## 2.2.- Tipos de Entidades

La dimensión espacial de los datos geográficos es representada gráficamente por elementos geométricos. Las más elementales corresponden a las figuras geométricas del punto, línea y área. Formas más complejas corresponden a redes y superficies. Todo Sistema de Información Geográfica debe ser capaz de representar las primeras, en cambio las formas más complejas son representadas por sistemas con un cierto nivel de sofisticación o especialización.



a) Punto .- El punto es una entidad adimensional y es utilizado para representar objetos de los cuales solo interesa su ubicación y no su extensión o superficie. Que es considerado como punto es una cuestión que depende mucho de la escala en que se represente el fenómeno. Así en una carta 1:250.000 los centros poblados figuran como puntos, en cambio en 1:25.000 figuran como áreas. Sin embargo, existen entidades que siempre serán representadas como puntos, independientemente de la escala. Es el caso de la representación de puntos de medición.

b) Línea.- La línea representa todo objeto cuya propiedad fundamental sea su extensión. Las líneas corresponden a entidades unidimensionales.

c) Area.- Las áreas son polígonos que definen objetos bidimensionales, tales como un lago, una propiedad o un tipo de uso del suelo.

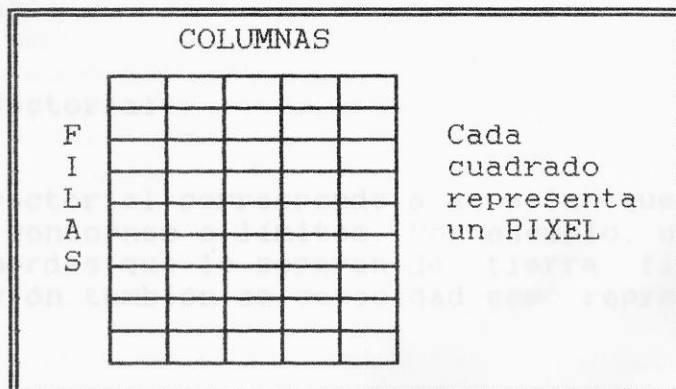
Adicionalmente existen los tipos de entidades Redes y Volúmenes, corresponden a formas geométricas más complejas. Este tipo de entidades no forman parte de las capacidades estándares de un SIG.

### 2.3.- Formas de Representación

Los distintos tipos de entidades mencionados pueden ser representados de dos maneras básicas; vectorial y en forma de grilla (raster). Además, existe una forma particular de almacenamiento del raster denominado quadtree.

#### 2.3.1.- Estructura Raster

Esta forma de representación consiste en la subdivisión del espacio en celdas de igual tamaño. Estas celdas se forman en la intersección de las filas y columnas que conforman una grilla. Las celdas reciben la denominación de "pixel" y tienen una resolución espacial que está dada por su ancho y alto. De este modo el pixel es la unidad mínima de análisis que se puede discriminar, ya que todo pixel es homogéneo en sí.



La forma más elemental de representación raster corresponde a los casos cuando el objeto a representar adopta solo dos valores posibles. Existe o no existe, uno o cero. En estos casos todo pixel que es atravesado por una línea adopta el valor uno. Los restantes pixeles adoptan valor cero. Si se trata de polígonos o puntos ocurre exactamente lo mismo.

En los casos en que interesa representar el valor de las entidades gráficas a rasterizar, entonces el pixel adopta el valor que tiene la línea, punto o polígono.

La representación raster también es conocida como la representación en modo imagen, esto debido al hecho que las entidades gráficas son representadas en forma implícita por su contenido. Esto es particularmente notorio en el caso de los polígonos.

Las imágenes (la representación raster) discretizan el espacio, pero pueden representar en forma continua los atributos no espaciales de los datos geográficos.

Dadas las características de este tipo de representación, es fácil imaginar que resulta muy apta para realizar operaciones algebraicas al organizarse los datos en forma de matrices. Esta facilidad de operación algebraica es posible tanto entre imágenes, como al interior de una misma imagen. Desde esta perspectiva la representación en formato raster tiene enormes ventajas para ser empleadas tanto en el análisis como modelación.

Además, al poseer la misma estructura de datos en las cuales se almacenan las imágenes satelitales, resulta ser un formato muy apropiado para la integración con este tipo de datos.

Una de las grandes desventajas del formato raster, es que demandan mucha capacidad de memoria para almacenar los datos. Esto se debe al hecho que cada pixel está definido, aún así sea que tiene valor nulo.

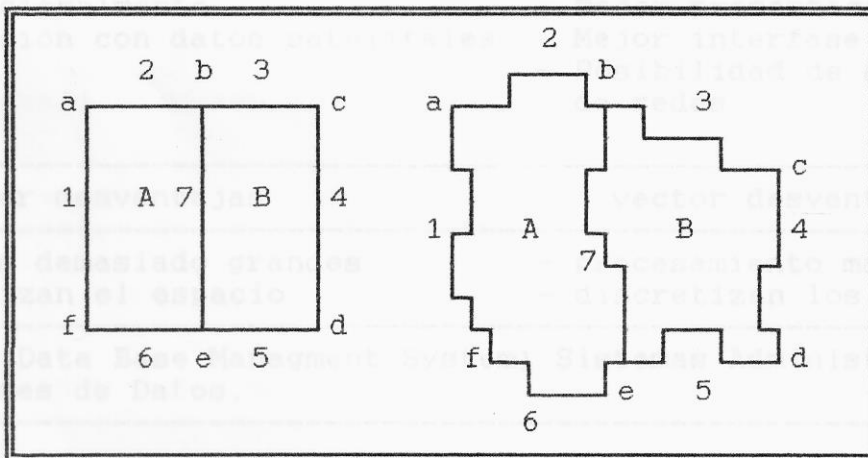
### 2.3.2.- Estructura Vectorial

La representación vectorial corresponde a aquella que define a los objetos por sus contornos o límites. Por ejemplo, un lago es definido por los bordes que lo separan de tierra firme. Esta forma de representación también es conocida como representación en modo objeto.

Aquí la representación descansa siempre sobre pares de coordenadas (x,y) referidas a algún sistema de referencia (coordenadas geográficas, coordenadas de proyección o coordenadas locales). Esto desde un punto, que es definido por un par de coordenadas, pasando por una línea que requiere al menos dos pares de coordenadas unidos entre sí, hasta los polígonos que están conformados por una sucesión de pares de coordenadas que se unen entre sí, donde el último punto coincide con el primero.

Naturalmente, el par de coordenadas puede ser complementado con un valor z.

Cuando los objetos están representados por sus bordes, se genera la posibilidad de conocer la vecindad respecto de otros objetos. La posibilidad de establecer este tipo de relaciones es propia de la representación en modo objeto y se denominan relaciones topológicas.



En la figura se aprecia que existen dos polígonos (A y B) y que están conformados por elementos gráficos en ambas figuras, para los cuales es posible definir el mismo tipo de relaciones de vecindad. De este modo es posible definir la topología en el contexto de los SIG como las relaciones de vecindad que existen entre las distintas entidades (puntos, líneas y polígonos) independientemente de sus formas.

### 2.3.3.- Comparación Raster-Vector

Atrás han quedado los tiempos en que se debatía intensamente sobre que forma de representación era la más apropiada de ser utilizada por un SIG. La evidencia muestra que cada una de estas formas tiene sus ventajas y desventajas propias y es por esa razón que deben ser consideradas como formas complementarias y no excluyentes entre sí.

A continuación se muestra un breve cuadro resumen con las principales características de cada una de estas formas de representación.

raster ventajas	vector ventajas
<ul style="list-style-type: none"><li>- Mayor potencialidad de análisis</li><li>- Más fácil de implementar computacionalmente</li><li>- Integración con datos satelitales</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- Relaciones topológicas</li><li>- Mayor precisión</li><li>- Mejor presentación</li><li>- Mejor interfase con DBMS(*)</li><li>- Posibilidad de análisis de redes</li></ul>
raster desventajas	vector desventajas
<ul style="list-style-type: none"><li>- archivos demasiado grandes</li><li>- discretizan el espacio</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>- procesamiento más lento</li><li>- discretizan los atributos</li></ul>

(\*) DBMS (Data Base Managment System) Sistemas Administradores de Bases de Datos.

### 2.4.- Escalas de Medición de los Datos Geográficos

La dimensión no espacial (i.e. los atributos) de los datos geográficos puede ser medida en distintos niveles. Cada escala de medición tiene ciertas propiedades que inciden en el tipo de análisis que se puede realizar con los datos.

#### 2.4.1.- Escala Nominal

El nivel de medida más elemental es el nominal, aquel que nos permite distinguir entre objetos. De este modo solo se puede establecer si el valor temático de un dato geográfico es igual o distinto al de otro.

#### 2.4.2.- Escala Ordinal

En un nivel de medición inmediatamente superior se encuentra la escala ordinal. Esta permite ya no solo establecer igualdad o desigualdad entre los valores temáticos de un dato geográfico, sino también establecer si uno es mayor o menor que otro. Permite establecer un orden pero no indicar magnitudes de diferencia entre una modalidad de la variable y otra. Así, por ejemplo un corredor que llega segundo en una carrera, no significa que sea dos veces más lento que el primero.

#### 2.4.3.- Escala de Intervalos

Con la escala de intervalos se amplía el espectro de relaciones matemáticas posibles. Aquí es posible cuantificar la distancia que existe entre dos modalidades de una variable. Para ello es necesario definir una unidad empírica de medida y un origen o cero de la medida. Ejemplo típico, el la escala de grados celcius.

#### 2.4.4.- Escala de razón

Tiene las mismas propiedades que la anterior con la diferencia que la escala de razón presupone la existencia de un cero absoluto.

### 3.- PC-ARC-INFO y Sus Módulos

PC-ARC-INFO es un SIG basado en la representación vectorial, que por lo tanto posee todas las ventajas que esa estructura de datos conlleva, pero también las limitaciones que le son inherentes. Por esto mismo, deberá evaluarse en el contexto del proyecto sobre la necesidad de introducir ciertas capacidades de análisis en modo raster.

A continuación se detallan las principales características de los módulos que conforman PC-ARC-INFO.

Otra característica de PC-ARC-INFO es la posibilidad de enviar información de una cobertura a otra.



### 3.1.- STARTERKIT

Este es el módulo inicial, sobre el cual se estructuran todos los demás y sin el cual no funciona el resto del programa. En él, están presentes las siguientes funciones básicas :

- Ingreso de Información a través de ADS, DIGITIZE, CREATE, EDIT y GENERATE
- Control de Tolerancias
- Aquí se encuentran todos los comandos utilitarios de PC- ARC-INFO (KILL, DELETE, COPYCOV, RENAMCOV, TCOPY, etc.)
- TABLES que es un administrador de bases de datos, a partir del cual es posible la comunicación con otros DBMS
- Comandos para la salida de Información (PLOT y DRAW)
- Comunicación con configuraciones mayores (ambiente UNIX)
- Construcción de Topologías (CLEAN y BUILD)
- Lenguaje de programación de macros (Sample Macro Language, SML). Este lenguaje de alto nivel permite al usuario automatizar procesos que no requieren de la asistencia de un operador y además desarrollar interfases para usuarios, facilitando de este modo el uso general de PC ARC-INFO. Las ventajas de SML pueden ser aprovechadas en cualquiera de los módulos.

### 3.2.- PC-ARCEDIT

Tal como lo insinúa su nombre este módulo está orientado a la edición, en sus distintas etapas y formas. En primer lugar, el ingreso de información, flexibilizando las alternativas presentes en STARTERKIT. Esto significa que en una misma sesión de trabajo se pueden alternar el teclado, cursor o mesa digitalizadora como medios de ingreso. Además, se dispone de un conjunto de herramientas de edición que permiten copiar, mover y modificar los elementos de una cobertura.

En segundo lugar, es posible ir interactuando paralelamente con la base de datos alfanumérica al mismo tiempo, que se ingresa la información gráfica. También es posible asociarle anotaciones a la información gráfica.

Otra característica de PC-ARCEDIT es la posibilidad de extraer o enviar información de una cobertura a otra.



También es posible trabajar con coberturas de referencia que si bien son visibles en el monitor no están activas desde el punto de vista del ingreso de la información.

En PC-ARCEDIT, se incluye también el programa EDGEMATCH, cuya función es lograr el calce exacto de coberturas a unir. La unión de coberturas puede lograrse por medio de los comandos APPEND (Starterkit) o UNION (PC-Overlay).

### 3.3.- PC-ARCPLOT

En este módulo, se reúnen dos funciones principales:

a) Recuperación y búsqueda de información de acuerdo a criterios geométricos y lógicos, operando en forma simultánea con la base de datos, esto tanto para fines analíticos en sesiones interactivas, como para la producción de mapas que es la otra función principal de este módulo.

b) Producción de mapas, esto es a partir de la información digitalizada a través de STARTERKIT o PC-ARCEDIT generar cartografía de alta calidad, considerando todos los elementos propios de una carta (simbología, achurados, escalas, norte, viñeta, distintos tipos de trazos, etc.).

Dentro de PC-ARCPLOT, se encuentran los programas LINEEDIT y FONTEDIT que están orientados al diseño de elementos gráficos propios del usuario. De este modo, la amplia librería de distintos tipos de líneas, símbolos, textos y achurados que trae PC-ARC-INFO puede ser complementada con posibilidades virtualmente infinitas.

### 3.4.- PC-OVERLAY

En este módulo, se concentran las principales funciones de análisis espacial que posee PC-ARC-INFO, mediante la aplicación del álgebra booleana a planos de información múltiples. Esto es la unión, intersección e identidad entre planos. Además, es posible modificar cada plano de información de acuerdo a cualquiera de los atributos que lo caracteriza.

Así, por ejemplo, se pueden eliminar todos aquellos polígonos con una área inferior a 1 há., o disolver en un polígono todos aquellos que compartan algún atributo en particular.

En este módulo, también es posible crear áreas de influencia (buffer) a partir de puntos, arcos o polígonos en función de los atributos que los caracterizan.

#### Nivel Externo

Otras de las funciones posibles son aquellas que tienen que ver con la actualización, eliminación o extracción parcial o total de coberturas existentes, así como la unión con coberturas adyacentes.

#### Nivel Interno

### 3.5.- PC-NETWORK

Este módulo está orientado al análisis de redes. En el, se pueden realizar tres tipos de funciones básicas:

- Geocodificación, esto es ubicación y asignación automática de direcciones sobre una cobertura de calles,
- Análisis de la localización, esto es la ubicación de centros de servicios bajo el criterio de minimizar la fricción distancia, y
- Selección de rutas óptimas considerando los parámetros (densidad, distancia, costo, paradas, etc..) de cada una de las rutas.

### 3.6.- PC-DATA CONVERSION

Este módulo permite la importación como exportación de archivos en variados formatos, tanto vectoriales como raster.

## 4.- METODOLOGIA GENERAL PARA EL DISEÑO DEL BANCO

El diseño de la base de datos involucra tanto la definición de su estructura como su contenido y de las restricciones a que está sometida. El propósito del diseño es lograr satisfacer los requerimientos de los usuarios en cuanto a que contenga todos los datos que son necesarios, por otra parte de eliminar los datos redundantes, y suministrar una forma clara de entender la organización y estructura de la misma.

La metodología general a emplear supone una aproximación sistémica, basada en ANSI-SPARC (American National Standards Institute, Standards Planning and Requirements Committee).

Esta metodología de diseño de base de datos se desarrolla en cuatro niveles jerárquicos a saber:

- Nivel Externo
- Nivel Conceptual
- Nivel Lógico
- Nivel Interno

En el nivel externo, se trata de identificar los componentes, relaciones, flujos del territorio (mundo real) que se deben modelar mediante la base de datos (Prélaz-Droux et al, 1992). Por otra parte, deben identificarse las necesidades de los usuarios a satisfacer por el sistema.

El nivel conceptual, corresponde a la síntesis de los modelos externos. Aún cuando corresponde a un nivel abstracto, su resultado es concreto porque se traduce en una representación esquemática de los fenómenos del mundo real y como estos están relacionados entre sí (Laurini y Thompson, 1992).

En el nivel lógico, se traducen los esquemas conceptuales de modo tal que estos puedan ser ingresados al sistema. Como herramienta específica de diseño se utilizará la aproximación entidad-relación.

Finalmente, el nivel interno tiene que ver con las formas específicas de almacenamiento y manejo de los datos. En última instancia, este nivel está determinado por la plataforma de Software y Hardware que se emplee.

Por otra parte, aún cuando el soporte de software y hardware ya está predefinido, el diseño de la base de datos se hará en una primera instancia independiente de este soporte con el fin de lograr un modelado de los datos no condicionado a la plataforma. Esto tiene como finalidad garantizar una compatibilidad de los datos con otros sistemas y poder adaptarse a los cambios tecnológicos que puedan ocurrir en el futuro. Lo de compatibilidad con otros sistemas abre perspectivas para el intercambio de datos con otras instituciones que participen de la actividad de protección civil y materias relacionadas.

El diseño de la base de datos estará orientado a objetos y no a aplicaciones. Con esto se cautela que los datos realmente puedan ser utilizados para múltiples aplicaciones y no estén restringidos o condicionados a una en particular.

En este contexto, por objeto se entiende un fenómeno del mundo real el cual no puede ser subdividido en fenómenos del mismo tipo.

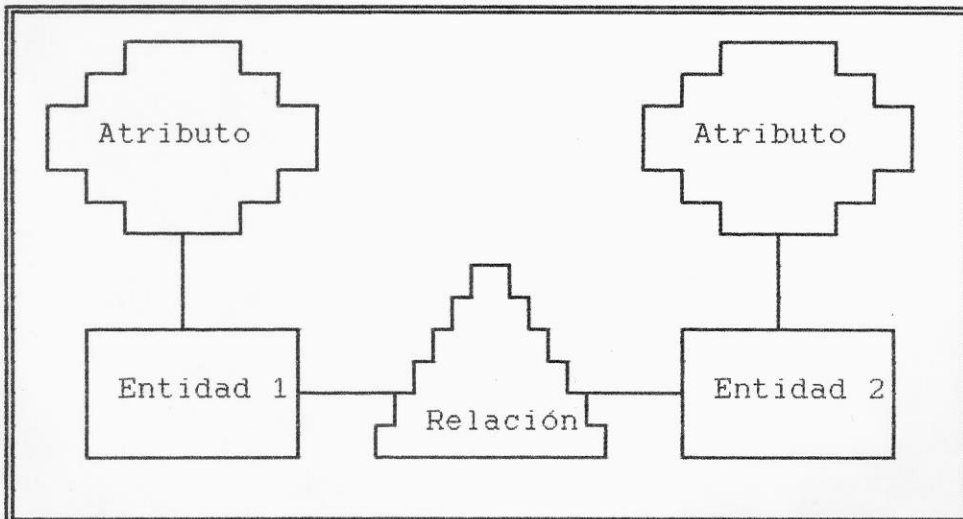
Barrough P. A. PRINCIPLES OF GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS FOR LAND RESOURCES ASSESSMENT Oxford University Press, 1987

Los objetos se insertan en una estructura jerárquica en las cuales se pueden reconocer los siguientes niveles. El DOMINIO es el nivel en que se agrupan los principales componentes del territorio, por ejemplo, actividades económicas o componentes del ambiente. Luego, los dominios están compuestos por SECTORES (minería, agricultura etc.). Por su parte los sectores se componen de ACTIVIDADES (p.e. agricultura de riego o agricultura de secano). Bajo las actividades se encuentran los objetos (canal, predio, etc.), los cuales tienen a su vez distintas VERSIONES. Las versiones de un objeto son definidas como las entidades más pequeñas para las cuales permanecen constantes en el tiempo y en el espacio los atributos claves (Prélaz-Droux, 1992).

#### 4.1 El modelo entidad relación

Este modelo propuesto originalmente por Chen (1976) utiliza los conceptos de entidad (objeto), relación y atributo y tiene como finalidad representar el modelo conceptual de la base de datos. La ventaja de este modelo es que, en tanto conceptual, es independiente de la implementación física. En este modelo las entidades son entendidas como objetos del mundo real, las relaciones como las asociaciones entre entidades y los atributos como propiedades de las relaciones y entidades.

Estos conceptos pueden ser representados gráficamente proporcionando una fácil comprensión del modelo conceptual.



Bibliografía

Burrough P.A., PRINCIPLES OF GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEMS FOR LAND RESOURCES ASSESMENT. Oxford University Press, 1987

Chen, P., The entity-relationship model:toward a unified view of the data. ACM Transactions on Database Systems, 1,9-36, 1976

Eastman R., DECISION THEORY AND GIS. Proceedings, Africa GIS 93

Laurini R. y Thompson D., FUNDAMENTALS OF SPATIAL INFORMATION SYSTEMS. Academic Press, London, 1992

Prélaz-Droux R. et all, GERMINAL: A SPATIALLY REFERENCED INFORMATION SYSTEM FOR RURAL ENVIRONMENTAL MANAGMENT. Artículo presentado en Sustainable Land Use Planning workshop, Wageningen, Holanda, septiembre 1992.

# SISMOS Y RIESGO SISMICO EN COLOMBIA

Autor: MICHEL HENNELLIN (\*)

Modificado por: Edgar Kausal y F. Ferrando A.

## 1 - INTRODUCCION

Los terremotos son los fenómenos geológicos que producen las muertes y destrucciones más masivas.

Un sismo como el que ocurrió en Popayán en la Semana Santa de 1983 causó numerosas víctimas y daños materiales difíciles de evaluar. Si se revisa la lista de sismos en Colombia, se ve que desde la Conquista ha estado expuesto a numerosas manifestaciones sísmicas a veces acompañadas de la destrucción total de poblaciones (por ejemplo Cúcuta en 1873). Es raro encontrar a una persona que no haya experimentado en una u otra forma los efectos de un terremoto.

## APENDICE I

### DOCUMENTOS RELATIVOS A RIESGO SISMICO

El objeto de este documento es suministrar información general sobre las causas de los sismos, su frecuencia, su clasificación, su producción y eventual control así como nociones sobre el concepto de riesgo sísmico.



## SISMOS Y RIESGO SISMICO EN COLOMBIA

Autor: MICHEL HERMELLIN (\*)

Modificado por: Edgar Kausel y F. Ferrando A.

### 1.- INTRODUCCION

Los terremotos son los fenómenos geológicos que producen las muertes y destrozos más masivos.

Un sismo como el que ocurrió en Popayán en la Semana Santa de 1983 causa numerosas víctimas y daños materiales difíciles de evaluar. Si se revisa la lista de sismos en Colombia, se verá que desde la Conquista ha estado expuesto a numerosas manifestaciones sísmicas, a veces acompañadas de la destrucción total de poblaciones (por ejemplo Cúcuta en 1875). Es raro encontrar a una persona que no haya experimentado en una y otra forma los efectos de un terremoto.

El objeto de este documento es suministrar información general sobre las causas de los sismos, su ocurrencia, su clasificación, su producción y eventual control, así como nociones sobre el concepto de riesgo sísmico.



En: "Bases de Geología Ambiental" Universidad Nacional de Colombia / Facultad de Naciones de Minas, MEDELLIN, 1987.

## 2.- CAUSAS DE LOS SISMOS

Los sismos ocurren en toda la superficie del globo. Suelen estar limitados a áreas bastante bien definidas, generalmente fondos marinos en sectores de contacto de placas.

Investigaciones que se iniciaron a principios de este siglo han permitido relacionar los movimientos sísmicos con las fallas geológicas, que son superficies de discontinuidad que se manifiestan en la corteza terrestre hasta profundidades que alcanzan varios centenares de kilómetros; se ha podido establecer que a lo largo de estas superficies pueden ocurrir movimientos que son el resultado de la brusca liberación de esfuerzos acumulados en las rocas, como lo muestra la FIGURA 1.

Los esfuerzos se muestran en la figura 1-A, produciendo una deformación (B) que determina posteriormente un repentino movimiento a lo largo del plano de falla: es dicho movimiento el que libera en forma de ondas sísmicas la energía acumulada, produciéndose en ese momento un desplazamiento "d" que se muestra en C. Este mecanismo recibe el nombre de rebote elástico.

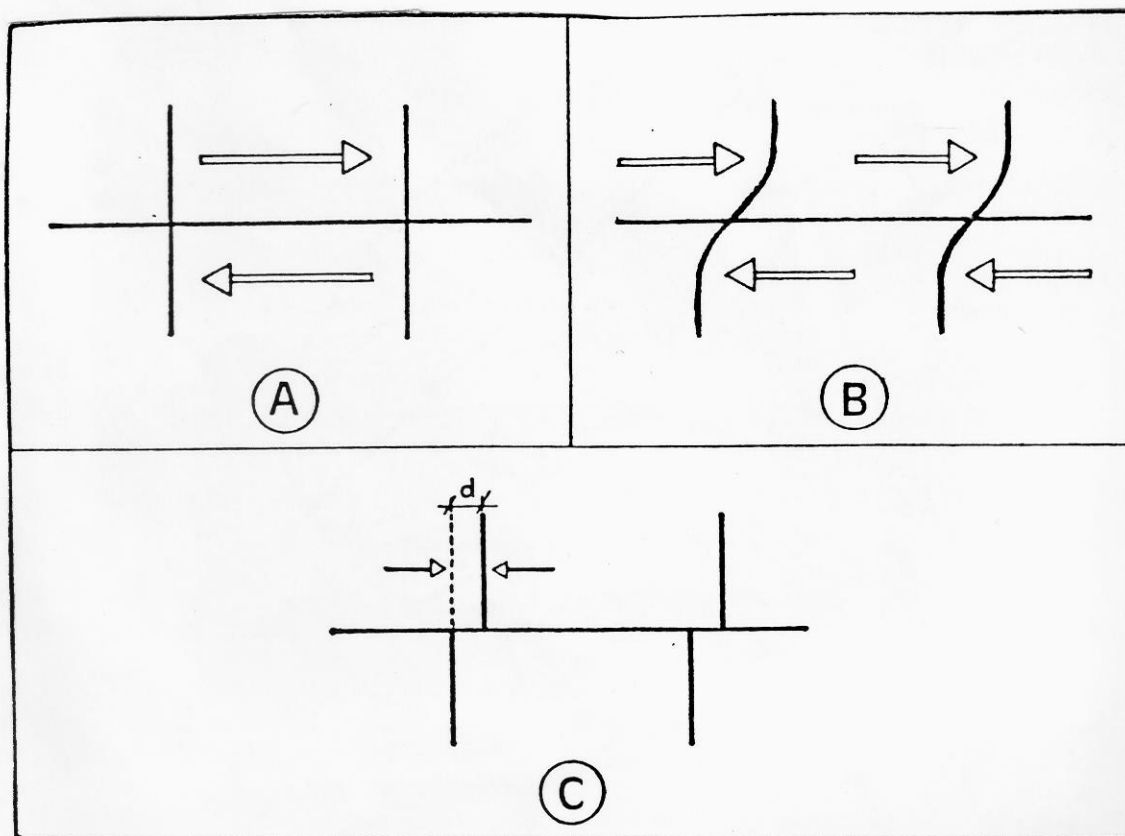


FIGURA 1. Acumulación y liberación de esfuerzos a lo largo de una falla.

El lugar en el interior de la tierra donde se produce el movimiento recibe el nombre de foco (o hipocentro) y la proyección de ese punto en la superficie se llama epicentro.

El tiempo necesario para la acumulación de esfuerzos suficientes para que se produzca un sismo es variable, y depende de la magnitud, pero en general es del orden de 50 a 200 años. La FIGURA 2 muestra un ejemplo tomado de la costa suroccidental colombiana, que permite apreciar además que la magnitud de un sismo, que es función de la cantidad total de energía que se libera en forma de onda, es proporcional a la longitud (L) del segmento de la falla a lo largo de la cual se produce el movimiento.

El valor del logaritmo de L es semejante a la Magnitud.

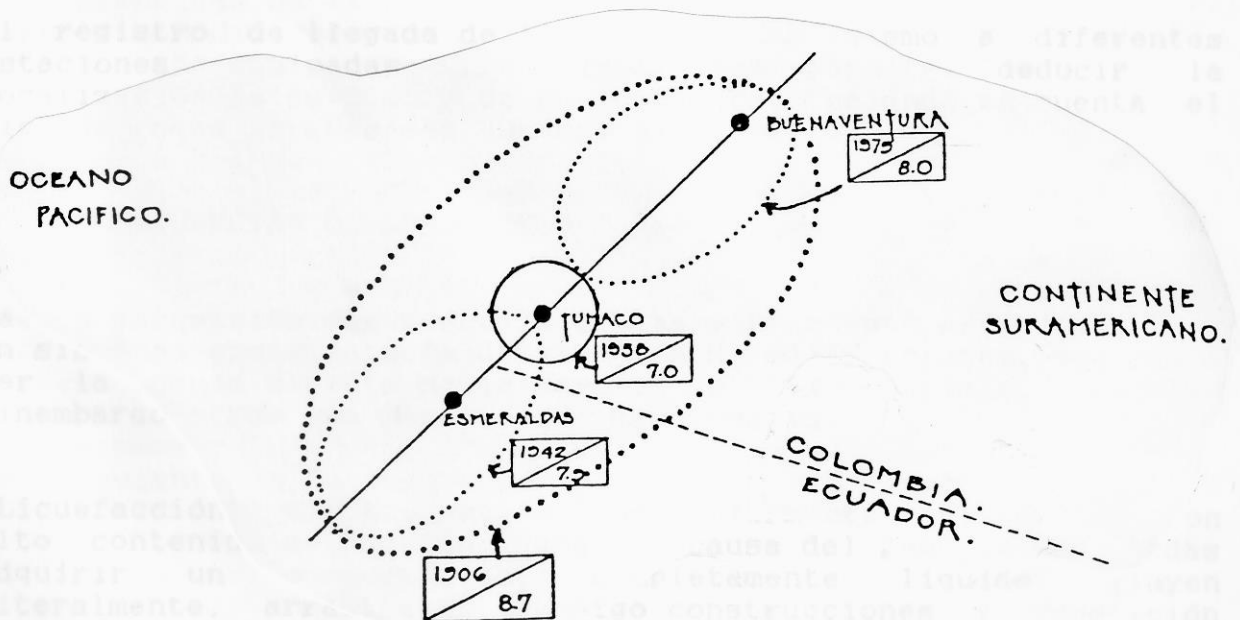


FIGURA 2 Esquema de los sismos en la costa suroccidental de Colombia. (adaptado de Herd et al, 1981). El primer número es la fecha, el segundo la magnitud.

### 3.- ONDAS SISMICAS

Las ondas que producen un sismo son las siguientes :

-Ondas compresionales, que se transmiten vibrando paralelamente a su dirección de propagación, como las de sonido, y tienen velocidades de 0,5 a 13 km/s. según los tipos de roca que atraviesan. También se llaman ondas P, por ser las primeras en llegar a las estaciones sismográficas.

-Ondas de cizalladura (S, secundarias) con vibraciones perpendiculares a su dirección de propagación. A diferencia de las P, que causan cambios de volumen en los sólidos que atraviesan, estas causan solamente deformación. Su rango de velocidad es de 0,3 a 7 km/seg. y por su naturaleza no pueden ser transmitidas por fluidos.

-Las ondas de superficie son las más lentas (0,3 a 5 km/seg.) y se transmiten en interfases.

El registro de llegada de las ondas de un sismo a diferentes estaciones equipadas con sismógrafos permite deducir la localización de su foco y de su epicentro, teniendo en cuenta el tipo de rocas atravesadas durante el recorrido.

### 4.- CONSECUENCIAS DE LOS SISMOS

La consecuencia más conocida de las vibraciones producidas por un sismo es obviamente la destrucción de edificaciones, que suele ser la causa directa de la mayoría de las víctimas. Existen sin embargo otras que merecen ser mencionadas:

-Licuefacción: ciertos suelos, particularmente los arenosos con alto contenido de humedad, pueden a causa del paso de las ondas adquirir un comportamiento completamente líquido: fluyen literalmente, arrastrando consigo construcciones y vegetación (Anchorage, Alaska 1964; Tumaco, 1979).

-Movimientos de masa: numerosas veces en regiones tropicales húmedas donde la capa de roca meteorizada es arrastrada pendiente abajo, destapándose grandes áreas (Nueva Guinea, Panamá; Salquí y Bahía Solano, Chochó).

-Apertura de grietas.

-Formación de escarpes en las zonas de afloramiento de trazas de falla.

## 5.- MEDISION DE EFECTOS DE UN SISMO

Con el fin de medir los efectos de un sismo, se utilizan dos parámetros :

A. -La intensidad, medida subjetiva que se refiere a las consecuencias de un sismo en una localidad dada, y es función de varios factores entre otros :

-Magnitud del sismo

-Distancia del epicentro

-Aceleración, período, duración y amplitud de las sondas sísmicas.

-Tipo de suelo

-Nivel freático

La intensidad se expresa generalmente por medio de la escala de Mercalli Modificada, consistente en 12 grados (ver tabla N° 1), todos basados en el grado de la destrucción causada por el sismo.

B.- La magnitud : Es una medida de la energía liberada por un sismo, medida instrumentalmente. La escala más utilizada es la de Richter, cuyos valores son proporcionales a la amplitud de las ondas sísmicas medidas teóricamente a 100 km. del epicentro del sismo. Dicha escala es logarítmica (un sismo de magnitud 8 presenta una amplitud 10 veces más fuerte que uno de grado 7 y libera una energía más de 30 veces mayor).

Los sismos pequeños ocurren mucho más a menudo que los grandes. La siguiente ecuación permite establecer la relación entre frecuencia y magnitud :

$$\text{Log } N = a - bM$$

Donde: N: es el número de sismos de magnitud igual o mayor que M que ocurren en un tiempo determinado y en un área dada.

M: es la Magnitud en grados de Richter, y

a y b: son constantes.

TABLA Nº 1

ESCALA MODIFICADA DE MERCALLI

I.- Advertido sólo por un escaso número de personas en condiciones especialmente favorables.

II.- Advertido sólo por pocas personas, especialmente en los pisos más altos de edificios. Objetos colgados pueden balancearse.

III.- Los sienten personas en el interior de los edificios, particularmente en los pisos superiores, pero mucha gente no lo reconoce como un terremoto. Carros parados pueden balancearse ligeramente, la vibración es como el paso de un camión.

IV.- Durante las horas del día, mucha gente localizada en el interior de edificaciones lo siente; pocas si están afuera. Platos, ventanas y puertas se mueven; los muros emiten ruido. Sensación de un camión pesado que choca contra un edificio. Carros parqueados se balancean notablemente.

V.- Sentido prácticamente por todo el mundo; muchas personas son despertadas; algunos platos, ventanas son quebrados, el revestimiento de muros se puede agrietar; objetos inestables volcando; se observa a veces movimientos de árboles, postes y otros objetos, los relojes pueden pararse.

VI.- Sentido por todos, muchos asustados corren hacia afuera. Muebles pesados pueden ser movidos; algunos casos de revestimiento desprendidos y de daños a chimeneas. Daños ligeros.

VII.- Todo el mundo sale corriendo. Los daños son despreciables en edificios de buen diseño y construcción, ligeros a moderados en estructuras comunes bien construídas; considerables en estructuras mal diseñadas y construídas, algunas chimeneas rotas; advertido por personas que manejan carros.

VIII.- Daños livianos en estructuras especialmente diseñadas; considerables en edificaciones comunes, con colapso parcial; grandes en estructuras mal construídas. Muros de separación Trazados fuera de las estructuras - Caída de chimeneas, columnas, monumentos, paredes; muebles pesados volcados: arena y lodo proyectados en pequeñas cantidades; cambios en el nivel de pozos; molesta a personas que conducen carros.



IX.- Daños considerables en estructuras especialmente diseñadas; estructuras de marco bien diseñados quedan inclinadas, grandes daños en edificaciones mayores, con colapso parcial; edificios desplazados de sus fundaciones; grietas notorias en el suelo; tuberías subterráneas rotas.

X.- Algunas estructuras de madera bien construídas destruídas; la mayoría de la mampostería y de los marcos de estructuras destruídos; suelo muy agrietado, rieles torcidos, deslizamientos en orillas de los ríos y en pendientes fuertes; agua salpicada sobre las orillas.

XI.- Muy pocas estructuras de mampostería quedan en pié; puentes destruídos; anchas fisuras en el suelo; tuberías subterráneas totalmente fuera de servicio; deslizamientos de tierra en suelos blandos; rieles muy torcidos.

XII.- Destrucción total; olas observables en el superficie del suelo; objetos lanzados al aire.

#### 6.- PREDICCIÓN DE SISMOS

Existen signos llamados precursores que en ocasiones preceden la ocurrencia de un sismo (Japón, U.S.A. China). La lista siguiente no es exhaustiva y sigue un orden decreciente de observaciones realizadas:

-Deformación superficial : determinada por medio de levantamientos topográficos detallados.

-Inclinación y deformación de la corteza terrestre: la primera se mide por medio de inclinómetros de precisión, la segunda con medidores de esfuerzos.

-Vibraciones previas.

-Variación temporal de la relación de velocidades de ondas sísmicas longitudinales y transversales.

-Cambios en la velocidad de las ondas sísmicas longitudinales y transversales.

-Resistencia eléctrica de las rocas (variación).

-Corrientes telúricas (variación)

-Cambios en el contenido de Radón.

-Microsismos.

-Reptación de fallas.

-Anomalías magnéticas.

-Cambios en la composición química y nivel del agua subterránea.

Entre otros enfoques que se han utilizado para tratar de predecir sismos, aunque desde un punto de vista más analítico y menos preciso, pueden mencionarse :

-Espacios asísmicos (seismicity gaps): se trata de lugares localizados en zonas sísmicas donde durante cierto tiempo no han ocurrido sismos. Esa carencia de actividad tiene dos posibles causas :

-Reptación tectónica, o sea desplazamiento lento a lo largo de una zona de falla.

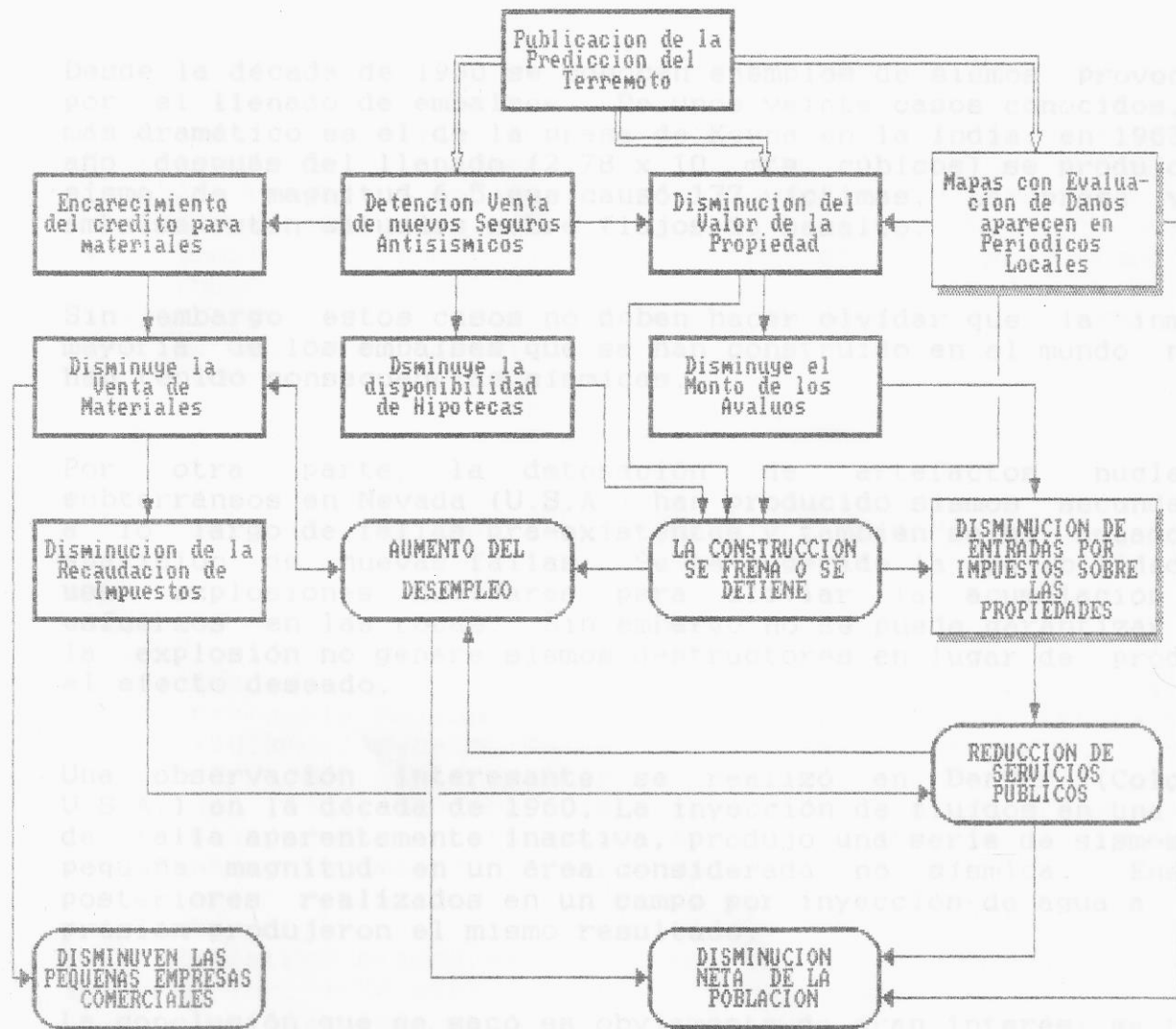
-Acumulación de esfuerzos, que significa un peligro potencial par el área (ver figura 2).

-Tasas de recurrencia que pueden calcularse en forma aproximada por medio de la ecuación del parágrafo N<sup>o</sup> 4. (Predicción probabilística)

El éxito de la predicción ha sido variable: el sismo de Haicheng, en el noreste de China, fué correctamente previsto en 1975. Sin embargo no está claro que la predicción haya sido correcta o fue simplemente coincidencia. Sin embargo, al año siguiente otro sismo mató a 650.000 personas en la ciudad de Tangshan.

El problema de la predicción de los sismos no se detiene en consideraciones geológicas: el cuadro N<sup>o</sup> 2, muestra el análisis realizado por la National Science Foundation de los Estados Unidos sobre las consecuencias socioeconómicas de la predicción de un sismo de gran magnitud en un país industrializado, en caso que la predicción se pudiera hacer.

POSIBLES CONSECUENCIAS DE LA PREDICCIÓN DE UN SISMO DE MAGNITUD 7.3 (N.S.F., 1977)



CUADRO 2

## 7.- SISMOS PROVOCADOS POR EL HOMBRE

Desde la década de 1930 se conocen ejemplos de sismos provocados por el llenado de embalses. De unos veinte casos conocidos, el más dramático es el de la presa de Koyna en la India: en 1963, un año después del llenado (2,78 x 10 mts. cúbicos) se produjo un sismo de magnitud 6.5 que causó 177 víctimas. La presa y el embalse están situados sobre flujos de basalto.

Sin embargo estos casos no deben hacer olvidar que la inmensa mayoría de los embalses que se han construido en el mundo nunca han tenido consecuencias sísmicas.

Por otra parte, la detonación de artefactos nucleares subterráneos en Nevada (U.S.A.) han producido sismos secundarios a lo largo de fallas pre-existentes y también se ha notado la aparición de nuevas fallas. Se ha sugerido la posibilidad de usar explosiones nucleares para aliviar la acumulación de esfuerzos en las rocas. Sin embargo no se puede garantizar que la explosión no genere sismos destructores en lugar de producir el efecto deseado.

Una observación interesante se realizó en Denver (Colorado U.S.A.) en la década de 1960. La inyección de fluidos en una zona de falla aparentemente inactiva, produjo una serie de sismos de pequeña magnitud en un área considerada no sísmica. Ensayos posteriores realizados en un campo por inyección de agua a alta presión produjeron el mismo resultado.

La conclusión que se sacó es obviamente de gran interés: se trata de la posibilidad de relajar esfuerzos acumulados en una zona determinada por medio de la liberación controlada de energía sísmica. Sin embargo, en el estado actual de los conocimientos obtenidos en muchos experimentos posteriores, nadie se atrevería a recomendar la inyección de agua en una zona densamente poblada expuesta a riesgo sísmico.

Tanto en este caso como en el de los sismos provocados por llenado de embalses, parece que la acción de los fluidos inyectados produce una disminución del esfuerzo normal a la superficie de falla. La complejidad de las condiciones reales, debido a la permeabilidad de las rocas y a su fracturamiento, hace que sea necesaria mas investigación antes de poder utilizar este método en forma segura.

## 8.- DETERMINACION DEL RIESGO SISMICO

Esta determinación se lleva a cabo hoy en día en forma consuetudinaria en las zonas donde se construyen obras de importancia. Es desafortunado para un país como Colombia que la medida anterior, impuesta por la entidades internacionales que financian proyectos de electrificación, no se haya aplicado a las principales ciudades; tal vez el motivo se deba al razonamiento técnicamente irreprochable de que suele ser más fácil amortizar vidas humanas que kilowatios. Sólo Cali, a raíz del sismo de Popayán, ha iniciado un program que le permitirá determinar y zonificar su riesgo sísmico.

La metodología empleada es en forma resumida la siguiente :

a.- Investigación histórica, que consiste en recopilar los datos existentes acerca de actividad sísmica previa para la zona de interés. Se utilizan dos fuentes :

a-1.- Archivos históricos y comunicaciones verbales de los habitantes de la región, cuya determinación se fija generalmente a unos 150 km. alrededor del proyecto. Naturalmente este tipo de información es bastante impreciso y tiene que ver sólo con la intensidad de los sismos, pero esos datos son generalmente de gran valor, dada la dificultad de obtener datos instrumentales suficientemente amplios y precisos.

a-2.- Registros sismográficos obtenidos en estaciones del país y del exterior. - En este caso se obtiene la magnitud de los sismos y su localización, aunque ésta es función de una serie de variables como la distancia de las estaciones receptoras y el conocimiento de la estructura geológica. Colombia carece aún de una red sísmica suficientemente densa que permita obtener datos precisos. Es a menudo necesario recalcular las localizaciones por medio de programas de computador adecuados.

b.- Evidencias geológicas.

Se conoce la asociación de los sismos a fallas geológicas. Es pues necesario realizar una cartografía detallada de las fallas del área y evidenciar su actividad, con base en la importancia de los movimientos que han sufrido en el tiempo. Eso se logra por observación directa (cortes de ríos, de carreteras) o excavando trincheras que lo permitan. El razonamiento se esquematiza en la Figura 3.

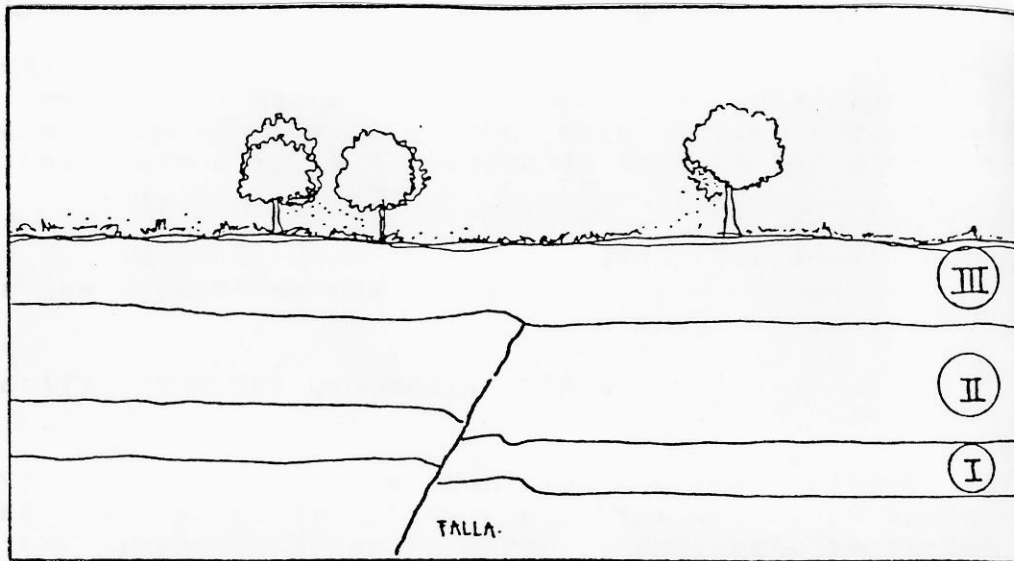


FIGURA 3

Esquema de las evidencias geológicas para determinar la actividad de una falla. Ver texto para razonamiento.

La actividad de la falla se expresa en función del movimiento que ha sufrido, que en este caso puede observarse en el desplazamiento de los estratos I y II. Si se pueden datar los estratos II y III, se podrá obtener el intervalo de tiempo durante el cual existió actividad sísmica: esto ocurrió después del depósito de II y antes del depósito de III. Análisis de este tipo permiten datar los eventos tectónicos recientes o cuaternarios y medir la tasa de desplazamiento. El método depende obviamente de la presencia de carbono fósil que permitan determinar la edad de los estratos por el método del C-14; otros métodos también se utilizan, pero con una precisión menor.

c.- Microsismicidad.

La instalación temporal de sismógrafos en la zona de estudio permite detectar la ocurrencia de microsismos no perceptibles sin esa instrumentación. Una interpretación adecuada de los resultados señala no sólo la localización de la falla responsable sino también la dirección del desplazamiento.

Combinando los resultados de los tres métodos anteriores se puede obtener una evaluación fidedigna del riesgo sísmico para una zona determinada.



## 9.- MEDIDAS PREVENTIVAS

Los conocimientos acerca de sismos no permiten aún evitarlos, aunque se espera que grandes progresos en este sentido puedan efectuarse antes de terminar este siglo, siguiendo una metodología basada en la inyección de agua en las zonas de falla.

Además de la predicción de sismos, discutida en el párrafo 5, existen las siguientes posibilidades:

### a.- Planificación del uso de la tierra.

Una vez establecida una zonificación del riesgo sísmico, siguiendo las pautas descritas con anterioridad, se puede tratar de evitar el uso de áreas de mayor riesgo; esto se puede lograr por prohibición por parte de la entidad competente o la adquisición de los terrenos por alguna agencia del gobierno. Si las áreas peligrosas ya se encuentran ocupadas, se puede impedir reformas o reconstrucciones hasta que el terreno puede pasar a manos del gobierno y utilizarse en forma menos peligrosa.

### b.- Diseño de estructuras sismoresistentes.

La puesta en práctica en Colombia a fines de 1984 de la reglamentación para construcción sismoresistente ha permitido mejorar notablemente la calidad de la estructura, aunque obviamente ésto signifique un aumento en el costo de las viviendas. Es de anotar que la actual versión del Código puede ser mejorada sustancialmente si se investiga tanto el régimen de las fallas como la distribución y geometría de las formaciones superficiales en las áreas más importantes.

### c.- Seguros contra sismos.

La manera como está zonificado el país para calcular las primas de seguros antisísmicos es demasiado primitiva y debe ser mejorada, tanto para el bien de los usuarios como para las compañías de seguros. Es deseable que dichas primas se calculen en función de cada una de las variables que influyen la intensidad de un sismo en un determinado lugar.

## 10.- BIBLIOGRAFIA

Costa, J. & Baker, V., 1981. Superficial Geology  
New York : J. Wiley & Sons, 498 p.

Herd, D.G., Youd, T.L., Meyer, H., Arango, J.L., Person, W.J. & Mendoza, C., 1981. The great Tumaco, Colombia Earthquake of 12 December 1979. Science, v. 211, Nº 4481, p. 441-445.

Ingeominas, Unicauca, Uniandes, Univalle, IGAC, CVC, ISA, SENA, Inst. Geof. Andes Col., 1986. El sismo de Popayán del 31 de marzo de 1983. Bogotá : Ingeominas, 320 p.

Kerr, R.A., 1985. Earthquake forecast endorsed. Science, v. 228 p. 311.

National Science Foundation, 1977. Earthquake prediction : is it better not to know?. Mosaic, v.8 p.8-14.

Nichols, D.R. & Buchanan - Banks, J.M. 1974. Seismic hazard and land use planning. U.S. Geol. Survey Circular Nº 690, 33 p.

Ramírez, J.E., 1975. Historia de los terrenos en Colombia. Bogotá : Inst. Geogr. A. Codazzi, 250 p.

República de Colombia, 1984. Decreto 1400 de jun. 7 de 1984 : Código Colombiano de Construcciones Sismo-resistentes. Bogotá : Asoc. Col. Ingen. Sísmica, 307 p.

\*\*\*\*\*

## ANTECEDENTES Y ACTITUDES ANTE TERREMOTOS

Recopilado por Francisco J. Ferrando A.  
Departamento de Geografía  
Universidad de Chile

### ¿QUE DEBERIA HACER?

Como parte de las actividades de reducción de riesgos sísmicos, muchos países publican y distribuyen recomendaciones, en forma de instructivos, manuales y panfletos. El personal de la editorial de STOP DISASTERD, ha seleccionado, como un ejemplo de esos materiales de información y educación, un panfleto publicado por el Servicio de Defensa Civil de Portugal.

### ¿Qué es un terremoto?

Los terremotos son fenómenos naturales que ocurren frecuentemente en Portugal, aunque la mayoría no son percibidos por el hombre. Sin embargo, a través de la historia, se han registrado algunos terremotos que han dejado secuelas catastróficas en nuestro país. La vibraciones que se producen pueden durar unos pocos segundos o algunos minutos. Luego de el primer impacto, ocurren otros movimientos, a intervalos. Luego de el primer impacto, se producen otros impactos de menor intensidad; estos son las replicas. Aún no es posible predecir con exactitud los terremotos. Tenemos que vivir con ellos.

### Causas Principales de Accidentes durante un terremoto.

- Derrumbe parcial o total de edificios o construcciones.
- Acciones humanas precipitadas, inducidas por el pánico.
- Incendios, generalmente agravados por la falta de agua y acceso difícil.
- Caída de amoblados, lámparas u otros objetos
- Caída de cables del tendido eléctrico.

La Defensa Civil Nacional aconseja en cuanto a medidas de auto-protección, para tener en consideración antes, durante y después de un terremoto las siguientes :

#### 1.- ¿Qué hacer antes de un terremoto?

- Informese de sus causas y efectos. Refiérase a ellos de manera calmada y compuesta.
- Mantenga a mano una linterna, una radio portátil, pilas de repuestos para ambas, un extintor y un botiquín de primeros auxilios.
- Guarde agua en un envase de plástico, cerrado y alimentos enlatados. Cambie el agua con frecuencia.

- Disponga las cosas en su casa de manera que resulte fácil desplazarse, mantenga los pasillos despejados y los muebles, juguetes, etc. ordenados.
- Averigüe cuáles lugares brindan mayor protección y asígnelos a los distintos miembros de su familia.
- Asegure las repisas, balones de gas, jarrones y floreros a las paredes de su casa.
- Ubique los objetos más pesados o voluminosos en el suelo, o en las repisas inferiores.
- Enséñele a todos los miembros de su familia, como desconectar los suministros de agua, electricidad y gas.

## 2.- ¿Qué hacer durante un terremoto?

- Mantenga la calma y mantenga calmados a otros
- Si Ud. está en su casa, en un edificio o auditorio: no se precipite hacia las puertas o salidas, manténgase alejado de las ventanas, espejos, chimeneas, lámparas y amoblado.
- Protéjase parándose bajo los pilares de una puerta interior, en la esquina de una pieza, bajo una mesa o una cama.

Si Ud. está en la calle.

- Camine tranquilo y calmado, hacia un área abierta. No corra ni deambule por las calles.
- No regrese a su casa hasta que haya terminado el terremoto.
- Manténgase alejado de los edificios, especialmente de los altos, viejos o de fachada continua, postes de electricidad, pendientes y murallas que puedan caer.

Si Ud. está conduciendo.

- Deténgase alejado de los edificios, murallas, pendientes, postes y cables eléctricos y manténgase en el vehículo.

## 3.- ¿Qué hacer después de un terremoto?

Durante los primeros minutos después de un terremoto :

- Manténgase calmado, encienda la radio y siga las instrucciones que se transmiten.

-Manténgase alejado de las playas y los bancos bajos de los ríos. Es posible que una gran ola -tsunami- golpee la playa.

-Espere replicas

-Corte el suministro de agua, gas y electricidad.

-No fume, no prenda fósforos o encendedores. No accione interruptores. Es posible que haya perdidas de gas o cortes circuitos.

-Use una linterna.

-Póngase zapatos, proteja su cabeza y cara con una frazada, abrigo, casco u otro objeto resistente y busque ropa de abrigo, si el clima lo requiere.

-Si hay un fuego, trate de apagarlo, si no puede, llame a los bomberos.

-Si hay personas seriamente dañadas, no las mueva, a menos que estén en serio peligro.

-Limpie inmediatamente cualquier derramamiento de productos inflamables (alcohol, pintura, etc.)

-Libere sus mascotas. Ellos sabrán cuidarse.

Durante las horas posteriores

-Siga cualquier instrucción entregada por radio

-Prepárese para las replicas

-Si Ud. sabe que hay personas sepultadas por los escombros, informe a las cuadrillas de rescate.

-No se precipite y no empeore la situación de las personas heridas o su propia situación.

-Evite los lugares en donde han caído cables eléctricos y no toque ningún objeto metálico en contacto con ellos.

-No tome agua de basijas o contenedores abiertos sin haberla examinado y filtrado previamente, aunque sea en un trozo de tela.

-Coma algo. Se sentirá mejor y más capacitado para ayudar a otros.

-Si su hogar está seriamente dañado, Ud. deberá abandonarlo. Junte bidones para agua, alimentos y medicamentos comunes y específicos (para personas con problemas al corazón, diabetes, etc).

-No camine por las calles para ver que ha pasado. Despeje las calles para que puedan pasar los vehículos.

Muchos accidentes a personas y daños a propiedades se pueden evitar si se siguen estas normas cuidadosamente.

La publicación de estas normas, no significa que un terremoto esté por ocurrir.

#### APENDICE II

### ANTECEDENTES SOBRE TEMPORALES, INUNDACIONES Y CONSEJOS DE DEFENSA EN CHILE



ANTECEDENTES SOBRE TEMPORALES E INUNDACIONES EN CHILE  
EN LOS ÚLTIMOS 40 AÑOS SEGUN URRUTIA Y LANZA, 1993

Preparado por: Luis Ayala Riquelme  
Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile

Temporales en 1953

Un temporal con vientos huracanados y fuertes lluvias azotó al país durante tres días, a partir del 24 de mayo de 1953. Se estimaron que doscientas mil personas sin hogar, que los daños fueron del orden de los cuatro mil millones de pesos; por lo menos nueve personas desaparecieron y se perdieron cientos de cabezas de ganado y gran cantidad de siembras. El Presidente de la República visitó la zona afectada y dispuso que se giraran órdenes de emergencia y se otorgara millones de pesos, de emergencia, para paliar los daños.

APENDICE II

En Valparaíso, al ser azotado por la costanera, los bomberos debieron ANTECEDENTES SOBRE TEMPORALES, INUNDACIONES Y las calles Blancas y... CORRIENTES DE DETRITOS EN CHILE avenida Libertad se convirtió en un estero. En Quintero, los camiones municipales evacuaron a los pobladores cuyas casas quedaron sin techo con la fuerza del viento. El lago Peñuelas, uno de los abastecedores de agua potable al Puerto, subió sus reservas en cuarenta y ocho horas, de once millones de metros cúbicos a diecisiete millones, reflejando la cuantía de la lluvia.

San Fernando quedó sin energía eléctrica, sin teléfonos ni telegrafía debido a que el ventarrón derribó los postes y los árboles, los que arrastraron el tendido de cables.

Curico se inundó con los desbordamientos de los esteros Hornosabal, Marquez, Quete Quete, Acaino y La Cañada. En algunos sectores el agua subió más de dos metros. Los damnificados fueron trasladados a la intendencia, comisarías, escuelas y hoteles.

Las aguas del río Pangue, cerca de Talca, arrojaron los pilotes de fierro y cemento, cortando los vías férreas y carreteras con Santiago. Las crecidas del río Claro y del estero Pidufo derrumbaron cuarenta casas y otras doscientas quedaron en pésimo estado. El cuartel de Investigaciones se inundó totalmente, debiendo el comisario sacar "al agua" a los tres presos que habían detenidos y dejarlos ir a sus casas bajo palabra de honor. Tuvieron que improvisarse dieciocho albergues para la población damnificada.

ANTECEDENTES SOBRE TEMPORALES E INUNDACIONES EN CHILE  
EN LOS ULTIMOS 40 AÑOS SEGUN URRUTIA Y LANZA, 1993

Preparado por Luis Ayala Riquelme  
Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile

Temporales en 1953

Un temporal con vientos huracanados y fuertes lluvias azotó al país durante tres días, a partir del 24 de mayo de 1953. Se estimaron que doscientas mil personas sin hogar, que los daños fueron del orden de los cuatro mil millones de pesos; por lo menos nueve personas desaparecieron y se perdieron cientos de cabezas de ganado y gran cantidad de siembras. El Presidente de la República visitó la zona afectada y dispuso que se giraran seiscientos setenta y seis millones de pesos, de emergencia, para paliar los daños.

En Valparaíso el mar arrasó con la costanera; los bomberos debieron abocarse a desaguar las bodegas y casas comerciales de las calles Blanco y Errázuriz; dos yates, dos remolcadores y un petrolero se fueron a pique. En Viña del Mar, la avenida Libertad se convirtió en un estero. En Quintero, los camiones municipales evacuaron a los pobladores cuyas casas quedaron sin techo con la fuerza del viento. El lago Peñuelas, uno de los abastece de agua potable al Puerto, subió sus reservas en cuarenta y ocho horas, de once millones de metros cúbicos a diecisiete millones, reflejando la cuantía de la lluvia.

San Fernando quedó sin energía eléctrica, sin teléfonos ni telégrafo debido a que el ventarrón derribó los postes y los árboles, los que arrastraron el tendido de cables.

Curicó se inundó con los desbordes de los esteros Hormazábal, Márquez, Quete Quete, Alcaíno y La Cañada. En algunos sectores el agua subió más de dos metros. Los damnificados fueron trasladados a la intendencia, comisarías, escuelas y hoteles.

Las aguas del río Pangue, cerca de Talca, arrollaron los puentes de fierro y cemento, cortando las vías férreas y terrestres con Santiago. Las crecidas del río Claro y del estero Piduco derrumbaron cuarenta casas y otras doscientas quedaron en pésimo estado. El cuartel de Investigaciones se inundó totalmente, debiendo el comisario sacar "al apa" a los tres reos que habían detenidos y dejarlos ir a sus casas bajo palabra de honor. Tuvieron que improvisarse dieciocho albergues para la población damnificada.

## Inundaciones en Guatacondo el año 1954

El 12 de febrero de 1954 se produjo un aluvión que destruyó veinte casas, dejó diez inhabilitables y otras veintiuna destruidas parcialmente en el poblado de Guatacondo, al interior de Iquique. Una persona murió aplastada por una muralla.

Mamiña, Chusmisa y otros poblados de Tarapacá quedaron aislados, los terrenos de cultivo cubiertos de montones de piedras y lodo y centenares de animales, junto a casas, enseres y elementos de labranza fueron arrasados. Ciento cincuenta y cuatro personas quedaron damnificadas, salvando sólo lo que tenían puesto. Reparaciones urgentes en la cuesta de Dupliza permitieron llevar auxilio a los aislados.

También se interrumpieron los caminos de Arica a Huara, el de Ramaditas al interior y la ruta que llevaba al pueblo de Tarapacá. La crecida del río Copiapó cortó el camino de Caldera, las líneas telegráficas y obstruyó la ferrovía entre Juan Godoy y Paipote.

## Temporales e Inundaciones en 1957

Entre el 18 y el 20 de mayo de 1957 se desencadenó un fuerte temporal sobre el Norte Chino y la zona central que dejó un saldo de alrededor de ocho mil millones de pesos en daños materiales en los puertos, por lo menos veinte muertos y cuatro mil damnificados.

Los primeros efectos del violento temporal fueron la interrupción de los medios habituales de comunicación: teléfonos y telégrafos. Los únicos medios de comunicación entre Santiago y el resto del país que continuaron prestando servicios de emergencia fueron las radioemisoras de Obras Públicas, Carabineros, Investigaciones y Ejército.

En Illapel el viento y la lluvia derribaron numerosas murallas, dejando a familias sin hogar, resultaron además, dañados la iglesia parroquial, la cárcel, el cuartel de Carabineros. En Coquimbo y Ovalle también se derrumbaron decenas de murallas y numerosas poblaciones obreras se inundaron.

En La Serena el agua y el fuerte viento derribaron los postes del alumbrado público, de teléfonos y de telégrafo, la ciudad quedó prácticamente aislada. Las inundaciones fueron de todo tipo.

La población "callampa" del Puente Fiscal resultó totalmente destruida, sus habitantes apenas alcanzaron a salvar unos cuantos enseres. Varias poblaciones obreras quedaron deterioradas. Los ríos Elqui y Coquimbo se desbordaron arrasando las viviendas que se habían levantado en sus orillas; los damnificados se refugiaron en las escuelas.

Coquimbo también quedó aislado del resto del país por los medios corrientes de comunicaciones: caminos, vía férreas, teléfonos y telégrafo. Sufrió, además, la interrupción de los servicios de agua potable y alcantarillado, lo que creó problemas serios de abastecimiento, obligando a las autoridades a racionar el agua en la ciudad.

Ovalle, Illapel, Combarbalá, Los Vilos, Vicuña, Paihuano sufrieron daños cuatiosos, principalmente a causa de la destrucción de extensos tramos de los caminos vecinales, de puentes carreteros y de la interrupción de las comunicaciones telegráficas y telefónicas.

La carretera Panamericana Norte quedó cortada en extensos tramos, ocasionando la paralización de las actividades mientras duró el temporal y en los días subsiguientes; numerosos automóviles y camiones quedaron detenidos en diversos puntos a causa de las inundaciones y de los desmoronamientos de los terraplenes.

En Valparaíso el mar asoló la Costanera, destruyendo la estación Bellavista y llegando hasta las calles Errázuriz y Edwards, en el centro de la ciudad. A lo largo de toda ésta había alrededor de quinientos vehículos entre camiones, camionetas, station wagon, furgones y furgonetas de último modelo que se habían importado por diversas firmas comerciales y que aún no se habían desaduanado; enormes olas destruyeron cerca del cincuenta por ciento y el resto quedó con los motores malogrados por efectos del agua salada; las pérdidas por este concepto se estimaron en más de mil millones de pesos. Dos goletas se fueron a pique.

Siete mil langostas de la firma Robinson Crusoe, que se encontraban en viveros, lista para el mercado, al ser azotadas por el mar, lograron "evadirse", la fuga representó una pérdida superior a los diez millones de pesos. Las instalaciones portuarias también tuvieron serios daños. El pago Peñuelas completó sus reservas de agua con los ciento cincuenta y tres milímetros que cayeron en tres días, en el Puerto.

En Santiago se derrumbaron casas viejas y se anegaron algunas poblaciones "callampas". Los pasos bajos nivel se inundaron, centenares de familias debieron ser evacuadas.

Tan intensa fue la lluvia en Santiago, que el domingo 19 se suspendió la procesión a San Isidro, acto culminate de las rogativas programadas por la Iglesia Católica para solicitar a la Divina Providencia que lloviera.

Concepción, Temuco, Chillán y Talca estuvieron tres días sin luz, sin teléfonos y sin comunicaciones terrestres. Hacia el sur, el ferrocarril longitudinal paralizó sus recorridos. Los caminos que unían a Osorno con La Unión quedaron destruidos, estimándose que la reparación tendría un costo del orden de los ciento cincuenta millones de pesos.

Una parte de los damnificados del Norte Chico, principalmente los que habían perdido sus hogares, enseres, muebles y vestuario fueron trasladados a Valparaíso a bordo del buque Araucano y del transporte Pinto. Luego la evacuación continuó por aire; la Fuerza Aérea y la Línea Aérea Nacional transportaron damnificados hacia el sur; en muchos casos la conducción por aire se hizo con grandes dificultades: un avión Cessna de la Fuerza Aérea se destruyó al tratar de aterrizar en una cancha fangosa en Los Vilos, otros debieron hacerlo en la carretera Panamericana.

Los ministros del Interior, Obras Públicas y Salud, viajaron a la zona norte, la más damnificada por el temporal, para imponerse de los daños en los sitios amagados. A su vuelta, después de varios consejos de gabinete, el Presidente de la República decretó "zona de emergencia" para el Norte Chico, y basándose en la disposición constitucional del dos por ciento, destinó descientos cincuenta millones de pesos para atender a los damnificados y reparar los puentes y caminos destruidos.

En julio del mismo año 1957, intensas lluvias que duraron más de veinticuatro horas en Concepción, aumentaron el caudal del río Biobío en por lo menos dos metros. Viviendas humildes, sostenidas sólo por pilotes quedaron aisladas, entre ellas, las de las poblaciones Costanera, La Mochila y de casitas ubicadas en las riberas del río, que perdieron la mayor parte de sus enseres.

Personal de Carabineros y del Ejército acudieron a prestar auxilio, evacuando a los damnificados, en botes y a caballo, alojándolos en cuarteles y en dispensarios.

#### Temporales en 1958

En mayo de 1958 intensas lluvias provocaron desbordes de ríos y esteros que anegaron campos y pueblos entre Concepción y Chiloé.



El mayor impacto del temporal recibió la provincia de Chiloé. En la isla Grande el caserío de Pudeto, en las inmediaciones del río del mismo nombre sufrió serias inundaciones que impidieron el tránsito durante varios días por el camino troncal de Ancud a Chacao y de Ancud a Linao. Además, el camino longitudinal de Ancud a Castro, en el sector de Butalcura sufrió derrumbes de consideración, se interrumpieron las comunicaciones terrestres y telegráficas. Los temporales obligaron a suspender el movimiento de barcos y aviones.

Una masa de aire caliente que llegó hasta la cordillera de Los Andes desató un violento temporal en junio del mismo año 1958. En menos de veinticuatro horas causó pérdidas que el ministerio del Interior calculó en quinientos millones de pesos y que afectaron principalmente a poblaciones "callampas" que rodeaban Santiago. La zona comprendida entre Valparaíso y Chiloé fue la que recibió el impacto de las lluvias torrenciales. Las pérdidas que significaron caminos y puentes destruidos y los miles de damnificados, obligaron al Gobierno a recurrir al dos por ciento constitucional, destinando dos mil cien millones de pesos para reparar los daños y auxiliar a los afectados.

En Valparaíso los derrumbes hicieron peligrar vidas y destruyeron casas. En Viña del Mar las calles se transformaron en brazos de mar; el persistente diluvio se extendió luego a otras zonas. El camino longitudinal al sur quedó interrumpido en varios sectores, al desbordarse los ríos y destruir algunos puentes; lo mismo sucedió con la vía férrea.

En Santiago se desbordaron el río Mapocho, el canal San Carlos y el canal Las Perdices. Las poblaciones Nueva Matucana, Colo Colo, Pino Bajo, Graciela Letelier, Santa María, González Videla, Manuel Rodríguez, Clavería Tejo, Emilio Recabarren y Los Areneros sufrieron el impacto de las aguas. La Gran Avenida e Irarrázaval se anegaron completamente y en San Bernardo, el río Maipo dejó otras tantas familias bajo el agua. El río Mapocho carcomió el puente Bulnes y destruyó el que unía a Lo Barnechea con Las Condes, aislando un amplio sector. Decenas de personas estuvieron a punto de desaparecer en la población Los Areneros, donde el río golpeó las frágiles resistencias de los muros, llevándose todo.

Personal de Carabineros, Ejército, de la Fuerza Aérea, bomberos, la Defensa Civil, la Cruz Roja y autoridades trabaron colectivamente para rescatar familias aisladas, auxiliar a los damnificados y otorgarles refugio temporal. Los helicópteros de la Fuerza Aérea desplegaron eficiente labor, con escasa visibilidad, persistente lluvia, frío, las cercanas copas de los árboles y el viento, los pilotos descendieron a escasa distancia de las aguas, para salvar a grupos aislados.



Casas sólidas del sector alto también se inundaron con las aguas del Mapocho que rebasó las ventanas y dejó completamente inutilizados los automóviles dentro de las propiedades, al ser casi tapados por el agua y el barro.

La mayor parte de los damnificados de Santiago fueron ubicados en el matadero Lo Valledor, en el Estadio Nacional y en los talleres Pedro Aguirre Cerda de la dirección de Auxilio Social.

Cerca de Santiago, en Puente Alto, Buin, Lampa, Colina, Renca, también hubo damnificados. En muchos casos no fueron los ríos o canales los que ocasionaron los daños, con sus derbordes, sino la persistente lluvia que destruyó las fonolitas de los techos y anegó las piezas.

Se estimó que los damnificados fueron alrededor de tres mil personas, se las cuales, por lo menos dos mil correspondieron a Santiago. Hubo dieciseis muertos, la mayoría arrebatados por las aguas de los ríos.

#### Temporales en 1961

Los primeros días de junio del 1961, se desencadenó un temporal de viento y lluvia entre Valparaíso y Ancud, que duró más de setenta horas acompañado de una tromba marina en Concepción, con daños por sobre cien millones de escudos en caminos destruidos, viviendas dañadas, puentes destrozados y decenas de familias damnificadas.

El viernes 2 de junio, a medio día, la Universidad de Concepción, a través de su servicio meteorológico se mostró preocupada por la formidable baja de la presión barométrica, "jamás vista en el presente siglo" afirmaron los meteorólogos; a medio día la presión era de setecientos cuarenta y nueve y cuatro décimas de milibares y siguió bajando; el temporal con viento norte era de grado ocho en la escala de Baufort, de más de noventa kilómetros por hora. A la una y media de la tarde se justificaba la preocupación por la proximidad de una tromba marina. Esta es descrita como un ciclón mediano, capaz de succionar agua de mar, de ríos, árboles, techumbres; en la atmósfera se forma un gigantesco embudo y por ese vacío se precipita el viento a gran velocidad, poniendo la masa en movimiento y destruyendo lo que encuentra a su paso; en un fenómeno típico del trópico.

La tromba marina que esta vez azotó a Concepción se formó en la isla Quiriquina; avanzó hacia la costa, pero perdió su carga de agua por encima de Lirquén, lo que evitó una gran inundación.

La gente del pueblo que observó el fenómeno lo describió como un "formidable trompo cucarro", que saltó por todos lados, con una altura superior a los doscientos metros. Los "saltos" de la tromba correspondieron a impactos sobre la tierra, ya que no se estrelló en forma de línea continua como ocurre con las trombas del trópico, sino que ininterrumpidamente. La gigantesca columna de aire que avanzó a gran velocidad chocó con un pequeño cerro de Lirquén, arrancando árboles de raíz; de ahí saltó a la fábrica de vidrios, a la que le succionó gran parte del techo; en seguida hizo impacto en la bodega y en la casa del jefe de la estación de ferrocarriles, destruyéndolas totalmente; luego se desvió hacia la bodega de una empresa comercial y a las bodegas de la industria vidriera; de ahí saltó a la ladera donde estaba la casa del cuidador del Automóvil Club de Concepción, desplazándose en otro formidable salto hacia el cementerio de Penco; luego se disolvió hacia el mar derribando una torre de alta tensión de ENDESA, dejando postes telefónicos, eléctricos y telegráficos desparramados. Poca gente pudo apreciar el fenómeno en su magnitud; la mayoría señaló que súbitamente el día se oscureció que hubo un viento tibio y luego comenzaron a "llover árboles, tejas, zinc, piedras y agua; los árboles quedaron quebrados como palos de fósforos, las paredes de gruesos ladrillos partidas por la mitad, los árboles al caer rompieron las casas, muchas volaron por los aires; en el mar se hundieron varias embarcaciones. Todo no alcanzó a durar diez minutos.

En Valparaíso cayeron ciento nueve milímetros de agua en doce horas, acompañado de viento huracanado; ríos de lodo bajaron de los cerros con cacharros, enseres domésticos, puertas, ventanas, etc.; atascado el "plan" que quedó prácticamente bloqueado bajo una gruesa y viscosa capa de barro de cerca de medio metro de altura; la mayoría de la locomoción fue sacada de la circulación; la zona quedó sin ferrocarriles, sin energía eléctrica y sin teléfonos. El temporal de fuerza seis a siete con ráfagas de viento de ochenta kilómetros por hora barrió todo el puerto y la costanera, en ésta última habían chasis de camiones y camionetas. El fenómeno atmosférico se descargó después de nueve meses de completa sequía, dos días antes que comenzaron las rogativas para que lloviera que se iban a iniciar en las iglesias y parroquias de la provincia.

En Recreo, una avenida de barro arrasó la calle Dieciocho de Septiembre y tapó la estación del ferrocarril. En Viña del Mar, el barro obstruyó el paso de la tradicional esquina de "la obra", la municipalidad movilizó sus equipos especiales para abrir la calzada principal de la ciudad-jardín, que había dejado al público aislado en varios sectores.

En Concepción, además de los efectos de la tromba marina, volaron numerosos techos y cayeron varias murallas, debido a la fuerza huracanada del viento; lo mismo sucedió en Talcahuano.

El intendente de Concepción fue autorizado para ayudar, con cargo al dos por ciento constitucional, a más de cien personas que perdieron sus casas y sus haberes a causa de la tromba marina.

El Temuco los efectos del viento huracanado cortaron las líneas aéreas del Telégrafo del Estado, del Telégrafo Comercial y de la Compañía de Teléfonos; la lluvia anegó algunas calles y aguas del lago Budi penetraron más de cuatrocientos metros sobre el poblado de Puerto Domínguez.

La inundación que se produjo en Valdivia fue considerada similar a la ocasionada con el desborde del Ríñihue de 1960. Barrios enteros quedaron cubiertos de agua, dejando a centenares de personas desamparadas; fueron evacuadas ochocientas familias de los sectores anegados y cerca de dos mil quinientos escolares quedaron temporalmente sin clases. El barrio Collico quedó aislado por completo. También se inundaron Niebla y Corral, barrios a los cuales no llegó el agua del Ríñihue, el año anterior. La rápida subida del río Calle Calle atrapó a decenas de personas en sus propias casas, obligándolas a refugiarse en el segundo piso; el rescate, en un principio se efectuó en camiones del Ejército, pero en numerosos sectores el nivel del agua obligó al intendente a disponer la evacuación mediante botes. Numerosas familias fueron llevadas a la población Gil de Castro y otras a locales comerciales; en la isla Teja se construyeron doscientas mediaguas, en breve plazo, para entregar a los damnificados.

El hecho de que los barrios Niebla y Corral se inundaran esta vez, dió fuerza a una teoría de un profesor de la universidad Austral, Wolfgang Wischet, quien afirmaba que en Valdivia la tierra había bajado treinta centímetros desde los sismos de mayo de 1960, afirmando, además, que Valdivia estaba situada en una cuenca de falla tectónica, que los distritos occidentales estaban ubicados, en general, sobre una base geomorfológicamente movediza y que existían numerosos terraplenes pronunciados que constituían un subsuelo malo para los cimientos.

La crecida del río San José arrasó con el puente nuevo en construcción y con el puente viejo. La red telefónica sufrió varios desperfectos, quedando del orden de doscientas líneas fuera de servicio en la ciudad de Valdivia. En los caminos de la providencia hubo varios derrumbes, quedando cortados casi todos los accesos a la ciudad.

En Los Lagos se inundaron los barrios bajos y todos los poblados ribereños. Se cortaron los caminos entre Cuesta Chiguayco y Purey, entre Los Lagos y Malihue y entre Folilco y Ríñihue. En Panguipulli fue necesario evacuar de urgencia a varias familias a raíz de los debordes del lago del mismo nombre y de la intensa lluvia que inundó en pocas horas las viviendas.

En la localidad cercana, Liquiñe, una persona perdió la vida aplastada por su propia casa. La zona quedó aislada al destruir las aguas el puente Liquiñe.

En Osorno se desbordaron los ríos y esteros obligando a la evacuación de numerosas familias de las poblaciones Rahue, Chuyaca y Ovejería.

En Puerto Montt se hundió a quince metros de profundidad el terraplén de la línea férrea, entre Fresia y Parga; se inundó la cancha de aterrizaje y gran cantidad de pobladores de la localidad de Quilín fueron evacuados por Carabineros.

Los caminos y el aeródromo de Ancud quedaron deteriorados, avaluándose los daños de veinte mil escudos.

En julio del mismo año 1961 llovió más de quince días continuados en Concepción; se desbordaron los ríos Bío Bío y Andalien ocasionando daños a viviendas de familias modestas, en los caminos y en la vía férrea. Una de las poblaciones más afectadas fue de la de la Cooperativa de Viviendas Rafael Sotomayor, ubicada en las faldas del cerro Caracol, en el camino de Concepción a Chiguayante; era una comunidad de propietarios modestos que habían levantado su viviendas sin asesoría técnica, no tenían urbanización ni muros de protectores. La lluvia produjo una avalancha de barro del cerro, que arrastró todo a su paso, cubrió cincuenta viviendas, llegando en algunos sectores a tener casi tres metros de altura. Los damnificados se refugiaron en un club social y en el palacio de los tribunales de justicia, la gran mayoría perdió todos sus haberes.

Un fuerte temblor que se produjo en medio de la persistente lluvia asentó un cerro en el camino de Concepción a Chiguayante e interrumpió el suministro de energía eléctrica; también hubo perjuicios en las rutas a Santa Juana, Lota a Laraquete, Aguas de la Gloria a Cabrero, Concepción a Tomé y Rafael y en el camino de Concepción a Bulnes. El mayor desastre, aparte del sector de Chiguayante, ocurrió en al cuesta Chivilingo, en el camino de Lota a Laraquete, donde un gigantesco derrube borró un sector del camino, dejando aislada a la provincia de Arauco de Concepción por algunos días. Los ingenieros de Vialidad calcularon los daños en caminos en alrededor de cien millones de pesos.

En las inmediataciones de Lota, en la caleta Pueblo Hundido otra avalancha de barro arrasó con modestas viviendas de una población "callampa" dejando a decenas de familias sin hogar. Los auxilios fueron organizados por el gobernador de Coronel.



## Temporales en el Sur en 1962

Seis muertos, varios heridos, rodados de nieve, viviendas derrumbadas, naufragios y centenares de casas inundadas, fue el balanceo de un temporal que duró setenta y dos horas, comenzando el 23 de junio de 1962 y que azotó la zona central y sur.

El Valparaíso, dos personas perecieron a causa de un deslizamiento parcial de un cerro que cayó sobre la vivienda de material ligero; se hundió el barco Estrella; el mar arrasó con vagones de ferrocarril; se inundaron de lodo las calles céntricas; en el sector del puerto, el viento arrancó los techos de las viviendas de familias humildes, las que se evacuaron a comisarías del sector.

En Santiago se desbordó el canal San Carlos inundando las calles adyacentes, principalmente en la calle Martín de Zomora donde cuatro chalets quedaron bajo el agua; en el paso bajo nivel de la avenida Carlos Dittborn el agua alcanzó a tres metros de altura; en las calles Catedral y Compañía se derrubaron varias murallas, en las calles General Jarpa y Centenario hubo que evacuar a varias familias. Otros derrumbes se produjeron en la comuna de Barancas, lo mismo que algunos colegios de Santiago.

Fuerzas de Carabineros, bomberos y personal de municipalidades permanecieron en estado de alerta, desplegando intensa actividad para mitigar los efectos de la lluvia. En la mina La Disputada de Las Condes dos rodados sepultaron a seis obreros, uno de ellos falleció y los otros quedaron gravemente heridos. En Melipilla el temporal derrumbó un horno carbonero, muriendo instantáneamente el inquilino que dormía en su interior.

Hubo derrumbes entre Omer Huet y Hualqui que cortaron la línea férrea, los cables de telégrafo y del teléfono. Otros derrumbes suspendieron el servicio ferroviario a la altura de Curicó y de Concepción a San Rosendo.

También hubo daños en los caminos sureños e interrupción de las líneas telefónicas.

A media mañana del 27 de julio de 1962, un tornado azotó a Linares, dejando alrededor de ciento cincuenta casas dañadas, principalmente el hospital regional y el instituto politécnico. El número de damnificados fue cercano al millar y los daños se calcularon en ochocientos mil escudos. Hubo sólo heridos, sobre todo, porque a esa hora la población se encontraba en sus casas.

El tornado hizo estragos durante seis minutos, atravesando el sector céntrico de Linares en dirección nort sur. Fue precedido por una fuerte granizada y tempestad eléctrica; el viento llegó a doscientos kilómetros por hora un un perímetro de diez manzanas de edificios.

El hospital regional que se iba a inaugurar en una fecha próxima fue el más efectado; planchas de zinc que cubrían seiscientos metros cuadrados de techumbre fueron arrancadas de cuajo de su sitio y esparcidas por diversos lugares de la ciudad; se quebraron más de quinientos vidrios.

El Instituto Politécnico de Linares, que tenía una construcción asísmica, también fue seriamente dañado; la techumbre fue arrasada en su totalidad y la puerta principal, de fierro forjado, resultó completamente destruida; numerosos alumnos recibieron heridas cortantes por el impacto de los ventanales arrasados por el vendaval; las clases se suspendieron por algunos días. La población Malaquías Concha también recibió el impacto; el tornado arrancó los techos de dos filas completas de casas, lo mismo que en otras viviendas de la ciudad. Varios postes del alumbrado eléctrico cayeron a tierra, igual que los de las líneas telefónicas, quedando la ciudad aislada por varias horas.

El auxilio a las familias damnificadas fue rápido. El intendente dispuso, momentos después del desastre, las primeras medidas de ayuda a las personas afectadas. Se construyó un comité de auxilio y se evacuaron a las personas cuyas viviendas resultaron dañadas. El Subsecretario del Interior dió instrucciones al Intendente para que utilizara fondos con cargos al dos por ciento constitucional para prestar ayuda a los afectados.

#### Temporales de 1965

Un fuerte temporal de viento y lluvia de larga duración cubrió a veintidos provincias desde los primeros días de julio hasta mediados de agosto de 1965. Los daños ocasionados al país, en esta oportunidad, fueron nuevamente en viviendas, obras públicas, agricultura, electrificación y bosques.

Fueron sucesivos frentes de mal tiempo que dejaron alrededor de un centenar de muertos, quince mil damnificados, puentes cortados, carreteras interrumpidas, derrumbes en los cerros, grupos aislados y sin víveres, barcos hundidos que determinaron que el Gobierno decretara "zona de catástrofe" desde Atacama a Aisén; girara fondos con cargo al dos por ciento constitucional y emitiera treinta y tres millones de escudos, para contribuir a resolver los problemas más urgentes.



El primer temporal azotó a Concepción los primeros días de julio; destrozó el puente carretero sobre el río Bío Bío en cuarenta y cinco metros, aislando Arauco de Concepción; derrumbes en el cerro Chepe sobre dieciocho "callampas" dejaron cuatro muertos y sobre cien damnificados.

En los mismos días, la provincia de Aisén soportó temperaturas de veintiocho grados bajo cero; los ríos se congelaron, la nieve impidió el tránsito entre las ciudades y poblados. Río Baker, Chile Chico, Cochrane, Puerto Aisén y Coihaique quedaron aislados; murieron cientos de animales, reventaron las cañerías de agua potable, el suministro de energía eléctrica y las comunicaciones telefónicas se interrumpieron. En Coihaique cayeron parte de las instalaciones del regimiento y en el hospital hubo un incendio que se extinguió con aguas servidas, los enfermos fueron trasladados por avión a Puerto Montt. Faltó leña, medicamentos, alimentos y vestuario. El ministerio del Interior envió ropa por avión, desde Santiago; la Empresa de Comercio Agrícola hizo un préstamo a la gobernación de Coihaique por veinte mil escudos, en alimentos; se abrieron préstamos de auxilio a través de las cajas de previsión.

Entre el 23 y 27 de julio otro frente de mal tiempo se extendió entre Atacama y Parral. Más de un metro de nieve cubrió los yacimientos de fierro y cobre entre Atacama y Coquimbo, paralizando las faenas extractivas durante varios días.

En Valparaíso quedaron tres muertos, varios heridos y centenares de damnificados por los derrumbes de numerosas casas, cuyas murallas ya dañadas por el sismo de marzo, se reblandecieron con el exceso de agua. Deslizamientos de tierra provocaron daños en los caminos y taparon con toneladas de lodo los cauces, no permitieron el tráfico vehicular.

En Santiago hubo derrumbes en los barrios céntricos, se cayeron murallas que también se encontraban dañadas por el terremoto de marzo. Las poblaciones ubicadas en los sectores de Las Barrancas y Vivaceta se inundaron, obligando a Carabineros y bomberos a evacuar a cientos de damnificados.

Hacia el sur se desbordaron la mayoría de los ríos y esteros, obstruyendo los caminos, ocasionando pérdidas en la agricultura, muerte del ganado, aislando ciudades y poblados. El puente Puangue, ubicado sobre el río del mismo nombre, diez kilómetros al norte de Talca y el puente carretero sobre el río Malleco se destruyeron interrumpiendo todo el tráfico por la carretera Panamericana; el primero fue reparado en cincuenta y siete horas y el segundo en cuarenta días.

En la provincia de Curicó hubo daños en las obras de vialidad y sanitarias, en las viviendas y en las escuelas. En la ciudad, la población Dragones fue la más damnificada, la mayoría de sus habitantes fueron trasladados al regimiento.

Constitución y Curepto quedaron aisladas varios días, la segunda prácticamente bajo el agua, lo mismo que pequeños poblados de los alrededores; la aviación civil de Talca prestó ayuda, rescatando a las familias o dejándoles caer bolsas con alimentos.

En la provincia de Talca los afectados fueron más de seis mil; hubo del orden de dos mil viviendas destruidas. La ciudad quedó sin energía eléctrica varios días; los barrios marginales se anegaron, se abrieron treinta y dos albergues y se suspendieron las clases.

En la provincia de Linares, Yervas Buenas, San Javier, Loncomilla y Parral tuvieron todo tipo de daños; en la ciudad de Linares, las poblaciones Zárate, Guadalupe y Las Gredas se anegaron. Los damnificados fueron del orden de las dos mil familias.

Por la destrucción de la mayoría de los caminos transversales IANSA perdió diariamente alrededor de cincuenta mil escudos, al no poder transportar los productos.

El Gobierno distribuyó toneladas de alimentos y vestuario para los damnificados. El ministro de Obras Públicas dispuso las reparaciones de urgencia de las vías de comunicación dañadas, después de un recorrido por el sur, mientras el ministro de Agricultura viajó al norte para imponerse de los daños en esa zona. Hasta el 30 de julio se habían girado doscientos cincuenta y cuatro mil quinientos escudos con cargo al dos por ciento constitucional y ochenta y dos mil seiscientos escudos con cargo a la ley de Régimen Interior. Se dispuso la inmediata reconstrucción del hospital de Coihaique y el envío de medicamentos para prevenir epidemias.

Dos sucesivos temporales azotaron el territorio entre el 8 y 15 de agosto. El primero prácticamente arrasó con la isla Robinson Crusoe del archipiélago de Juan Fernández. Vientos huracanados de cerca de 100 kilómetros por hora derrumbaron viviendas, cayeron árboles centenarios y los cables de la energía eléctrica; la rampa de aviones quedó bajo dos metros de piedras; la caleta fiscal y el muelle de una empresa particular se destruyeron; el cementerio tuvo destrozos del orden del ochenta por ciento; en algunos lugares la playa cambió de configuración y el mar ganó terreno a la bahía.

En Santiago el viento y la lluvia derribaron árboles, decenas de postes aplastaron otras tantas viviendas; numerosos barrios quedaron sin energía eléctrica y sin agua potable; tres menores perecieron aplastados por el techo, en un colegio. El río Cautín arrasó con el andamiaje del nuevo puente carretero que debía unir a Temuco con la carretera Panamericana. Se cortaron las comunicaciones de Santiago con parte de la zona sur. Los caminos de las provincias de Aconcagua, Cautín y Osorno se inundaron.

El nuevo temporal se desencadenó el día 11 de agosto, abarcando desde Antofagasta hasta Chiloé.

En Antofagasta, las olas alcanzaron quince metros de altura, destruyeron el faro, quinientos metros de la nueva Avenida Costanera, más de trescientos metros de la vía férrea, cables de alta tensión y oficinas ubicadas en el puerto; una goleta de la universidad del Norte encalló en los roqueríos.

Alrededor de quince mil fueron los damnificados en la provincia de Coquimbo por pérdidas de viviendas y siembras. En La Serena, Carabineros evacuaron a numerosos parceleros, principalmente del sector de Peñuelas; varios faluchos y remolcadores se destrozaron, lo mismo que el rompeolas de Guayacán, en el puerto de Coquimbo. La mayor parte de los habitantes de Ovalle se anegaron. El embalse Los Maquis se desbordó, sepultando viviendas, animales y sembrados. La carretera Panamericana se destruyó en cinco partes entre Manotos Hornillos y Las Chilcas y la vía férrea tuvo destrozos entre La Paloma y La Calera, provocando el bloqueo total del transporte por tierra.

En Petorca, La Ligua, Longotoma, Quillota, Los Nogales, Quilpué, Villa Alemana, Peñablanca, Limache, La Calera, La Cruz, Puchuncaví, Quintero, Casablanca los damnificados sumaron más de cinco mil personas que fueron ubicadas en estadios, escuelas, recintos policiales, de bomberos, municipales y del Ejército. Los ríos y esteros se desbordaron arrasando con las poblaciones ribereñas, las pequeñas industrias caseras, crianza de aves y animales y con los caminos transversales. En Limache se desbordó el tranque Pelumpén y en Quillota, los tranques Lliu Lliu y Cochagua.

Las inundaciones en Llole y San Antonio obligaron a parte de las habitantes a refugiarse en los cerros; luego fueron trasladados a albergues provisorios.

Mas de sesenta derrumbes en los cerros provocaron la destrucción de viviendas y anegamiento en Valparaíso. Miles de damnificados fueron trasladados al estadio, retenes, comisarias y escuelas.

Viña del Mar quedó sin defensas costeras, sin playas, la arena prácticamente fue arrasada por el mar y con las instalaciones de la mayoría de los balnearios destruídas; se inundaron edificios de departamentos ubicados frente al mar y los subterráneos del casino; las aguas del estero Marga Marga sobrepasaron los puentes; se anegaron las poblaciones Gómez Carreño, Sata Inés y Recreo; se derrumbó el puente El Olivar aislando al sector de El Salto; se rompió la cañaría subterránea de carga y descarga de la planta Copec, en Las Salinas; la planta elevadora de agua potable de Concón, que surtía a Valparaíso y Viña del Mar quedó inutilizada, obligando a implantar racionamiento en la zona. En Concón, el río Aconcagua anegó las poblaciones ubicadas en sus orillas.

En Santiago, la crecida del río Mapocho destruyó los puentes de Lo Curro, del club de polo San Cristóbal y el de Américo Vespucio; hacia el poniente inundó las poblaciones El Esfuerzo, El Ejemplo, Nueva Matucana, Lo Franco, Colo Colo, La Hacienda, Paula Jaraquemada, Cooperativa Quinta Normal. También se desbordó el canal San Carlos frente a la avenida Bilbao, a la avenida Ossa, a las calles Eliecer Parada y Príncipe de Gales; en general, las calles del barrio alto quedaron convertidas en verdaderos ríos. El suministro de agua potable y energía eléctrica se interrumpió en varios sectores; gran cantidad de letreros luminosos y árboles quedaron en el suelo; el ventarrón voló las fonolitas y luego, las viviendas se revinieron con la lluvia. Cientos fueron los pobladores que se inundaron con los desbordes del río Mapocho; sólo en la comuna de Quinta Normal se contabilizaron treinta mil personas, a la mayoría de las cuales el río les llevó sus casas o se las anegó, alcanzando en algunos sectores, más de un metro de altura. El tráfico ferroviario a Valparaíso se interrumpió por derrumbes en los cerros.

La provincia de O'Higgins que se había salvado de los temporales, esta vez sufrió la inundación de la mayoría de sus poblaciones. Machalí quedó aislada varios días y con las calles intransitables. El ferrocarril a Sewell quedó cortado en varios tramos, a causa de rodados.

Más de once mil habitantes de Constitución y sus alrededores quedaron nuevamente aislados con este temporal. En la ciudad, decenas de árboles y postes cayeron sobre las casas, que tuvieron destrozos de costosa reparación. El río Maule inundó los terrenos de cultivo y arrasó con las pequeñas caletas ubicadas en su desembocadura. El poblado de Putú estuvo sin víveres durante varios días.

Los caminos y la vía férrea de la provincia de Talca se interrumpieron, principalmente por desbordes de los ríos y esteros.



En la provincia de Concepción hubo del orden de los cinco mil damnificados, como consecuencia de las intensas lluvias y los desbordes de los ríos. La capital de la provincia quedó aislada por derrumbes que obstruyeron los caminos y la vía férrea. Dos personas murieron aplastadas por murallas. En Coronel, el mar inundó más de trescientas casas de la población Lo Rojas; los habitantes fueron trasladados a escuelas y a la guarnición militar. En Talcahuano también perecieron dos personas aplastadas por murallas. En Tomé se hundió el muelle antiguo y una decena de familias fueron evacuadas a escuelas de Dichato. Alrededor de tres millones de escudos fue el avalúo de los daños en rubro caminero de esta provincia.

Las escampavía Janequeo, con más de cincuenta marinos a bordo se hundió frente a la provincia de Osorno.

En Puerto Montt el mar arrasó con el muelle y el viento provocó un incendio en la avenida España. El vapor Carlos Haverbeck encallado frente a Corral desde el terremoto de 1960, terminó de hundirse.

Chiloé sufrió los efectos de las lluvias y de un huracán que barrió con modestas viviendas y voló gran cantidad de techos. Luego, el 14 de agosto, una enorme crecida de la marea, con olas de más de diez metros, obligó a los isleños a evacuar sus casas, llevándose sus enseres a las partes altas. En Queitén, la lluvia, el viento y la alta marea provocaron daños en la agricultura, perdiéndose los sembrados y en la ganadería, al perecer cientos de animales. En el sector de Pudeto, en Ancud, la cancha de aviación y gran cantidad de viviendas se inundaron, quedando aislada la población.

Dos rodados precipitaron una tragedia a pocos metros del hotel Portillo, donde todo estaba listo, para dar comienzo, el domingo 15, al campeonato premundial de esquí, con la participación de once países. Cayeron cientos de toneladas de nieve, piedras y barro sobre la denominada "casa redonda", sólida construcción de piedra, levantada en 1922; cinco personas murieron y otras dos quedaron heridas.

El mismo día 15, otra gigantesca avalancha de nieve arrasó con casas y habitaciones en Puente del Inca, a treinta kilómetros de la frontera con Argentina; uno de los sectores de alud se precipitó sobre el hotel de turismo, cubriéndolo totalmente e escasos minutos. En el sector opuesto al hotel se encontraba el regimiento de esquiadores de Alta Montaña, que inició las labores de rescate; decenas de muertos quedaron atrapados entre los escombros.

Otro gigantesco alud cayó sobre el sector de Caracoles; diez metros de nieve sepultaron a cuarenta y tres personas; otras seiscientas quedaron bloqueadas en los caseríos cercanos, sin poder llegar a los puestos de auxilio. Los rodados asolaron la región más de una semana; las vías terrestres y férrea estuvieron intransitables durante bastante tiempo.

Ese domingo 15, otro rodado se desprendió del cerro, sepultando a cinco obreros que estaban despejando el camino hacia la mina La Disputada de Las Condes.

Toda la ayuda, tanto estatal, como privada se hizo escasa. La línea Aérea Nacional estableció un puente aéreo entre Santiago y La Serena. El Gobierno, en uso de las facultades que le otorgaba el título I de la ley N°16.282, recién promulgada, decretó "zona de catástrofe" para las comunas de veintidos provincias, de Atacama y Aisén; giró quinientos ochenta mil escudos, con cargo al dos por ciento constitucional, para repartir entre las provincias damnificadas; emitió treinta y tres millones de escudos, para resolver los problemas más urgentes; se prorrogó por algunos días la cancelación de impuestos. La ayuda que el Estado prestó a los damnificados se entregó a través de las intendencias, gobernaciones y subdelagaciones, los que efectuaron la distribución en las respectivas comunas. Se construyeron dieciseis mil novecientos viviendas de emergencia para los damnificados por estos temporales; se adelantaron las vacaciones de septiembre y la carne fresca que no pudo importarse desde Argentina, por la interrupción de las comunicaciones terrestres, fue suplida por carne congelada.

#### Inundaciones en la Provincia de Aisén en 1966

Las comunas de la provincia de Aisén fueron declaradas "zona de catástrofe" en mayo de 1966, a raíz de que un temporal que duró tres días dejó varios muertos, miles de damnificados y todo tipo de daños en las ciudades y el campo.

Se desbordaron los ríos Simpson, Coihaique, Aisén y Correntos. Las ciudades de Aisén, Coihaique, Balmaceda y Puerto Ingeniero Ibañez y los poblados interiores quedaron aislados.

Aisén tenía alrededor de seis kilómetros cuadrados y quedó sólo con una extensión de tres por seis manzanas libres de la inundación; el resto fue un gigantesco mar de treinta kilómetros de largo y de todo lo ancho de la hoya hidrográfica. Por lo menos dos días, el ochenta por ciento de las casas quedaron cubiertas por el agua del río que también arrasó con personas, animales, maquinarias y árboles. Hubo más de tres mil damnificados.



Coihaique durante varios días sólo tuvo energía eléctrica por horas, abastecida con motores de emergencia, la mayoría de las postación cayó con el temporal. La cañerías de agua potable se obstruyeron; el abastacimiento se efectuó con carro-bombas, barriles y chuicos. La fiesta de conmemoración de 21 de mayo se suspendió, las tropas del regimiento se abocaron a atender a cientos de damnificados y a despejar los caminos.

Los derrumbes en los cerros causaron la desaparición de una parte de los terrenos de pastoreo y la muerte de miles de animales. En la localidad denominada Emperador Guillermo, un rodado devastó un campamento de la dirección de Vialidad, dejando nueve muertos. En Villa Manihuales otro rodado arrasó con viviendas que dejaron dos mil damnificados.

Los daños se calcularon en diez mil escudos, sin incluir los destrozos que afectaron a los particulares. El Subsecretario del Interior visitó la zona amagada. Se enviaron miles de kilos de alimentos, planchas de zinc, equipos de radiocomunicaciones, dinamita, herramientas, parafina petróleo y maquinarias para reparar los caminos, en los buques Prat, Lautaro y la escampavía Yelcho, además de dos helicópteros para transportar auxilio a los lugares aislados.

#### Temporales e Inundaciones en 1967

Entre el 1 y 2 de agosto de 1967, un fuerte temporal de viento, lluvia y nieve azotó a la provincia de Antofagasta. A más de treinta centímetros llegó la nieve en los sectores de pampa Pimiento, en las minas Julia, Paposo, Oficina Alemana, en el poblado Los Vientos e incluso en el camino longitudinal que une a Antofagasta con Taltal, principalmente en Sierra Vicuña Mackenna, dejando el camino intransitable. En la ciudad de Antofagasta el viento voló calaminas, fonolitas, árboles y letreros luminosos, obligando a suspender el tráfico de vehículos y el peatonal.

Pocos días después, el 26 de agosto, un corto, pero intenso frente de mal tiempo afectó a Iquique, Antofagasta y Copiapó. En Iquique, el viento con una velocidad de noventa nudos por hora arrancó las techumbres e interrupción los medios de comunicación y de transporte. La lluvia dejó daños en Camiña, Chusmisa, Chiapa, Mocha e Isluga.

En Antofagasta cayeron, en seis horas, nueve milímetros y medios de agua. En las poblaciones periféricas Prat, Lautaro, Vista Hermosa, José Papic, El Ancla, Chile, Rosa Ester Alessandri y Ana Giglia Zapata se destruyeron los techos y se anegaron gran cantidad de viviendas. Hubo destrozos en las bodegas aduaneras, parte de la mercadería en tránsito hacia Bolivia se deterioró, principalmente la que estaba a la intemperie.

En Copiapó quedaron los caminos bloqueados por derrumbes en los cerros, reblandecidos por el temporal. En Chañaral el edificio de la gobernación sufrió serios destrozos; por lo menos el setenta por ciento de las viviendas rurales y suburbanas tuvieron algún tipo de daños. Pueblo Hundido, Potrerillos, El Salvador e Inca de oro también sufrieron las consecuencias del frente de mal tiempo.

El 28 de septiembre del mismo año 1967, desbordes del río Las Minas, en Punta Arenas, ocasionó anegamientos y destrozos diversos en sesenta manzanas de viviendas.

El 2 de noviembre de 1967, una copiosa lluvia causó destrozos en Arica, afectando poblaciones periféricas, principalmente en la Juan Noé y en Los Arenosos; se interrumpió el suministro de la energía eléctrica y se inundó el aeropuerto. Nevó en Codpa, donde cayeron algunas viviendas, los damnificados fueron trasladados a la escuela del poblado. También hubo daños en la agricultura del valle de Azapa.

#### Inundaciones en la Zona Central en Junio de 1969

Un frente de mal tiempo se extendió desde Los Vilos hasta Puerto Montt, durante tres días, a partir de 16 de junio de 1969. Ocasionó series de daños en Santiago, en Linares, en Valparaíso y en algunos puertos de la zona sur, donde naufragaron varias embarcaciones.

En Linares más de cien familias resultaron damnificadas, con las consiguientes pérdidas materiales. En Concón se desbordó el río Aconcagua y fue necesario evacuar a decenas de personas. El agua cortó el camino que une a Valparaíso con Viña del Mar, al hundirse el pavimento en la avenida España; también se registraron varios derrumbes en los cerros y caída de murallas, mientras vientos de noventa kilómetros por hora, volaban las techumbres de las viviendas; los habitantes de los treinta seis cerros porteños sufrieron todo tipo de daños.

En Santiago, el río Mapocho se desbordó a la altura de los puentes La Máquina y Bulnes, inundando los sectores norte y poniente, debido por una parte, al exceso de agua, y por otra, al entorpecimiento que produjo un verdadero "taco" formado por gran cantidad de desperdicios y escombros que se habían arrojado al lecho en los años de sequía, hubo que dinamitarlo para evitar mayores daños.

Miles de personas de las poblaciones Inés de Suarez, José Miguel Carrera, Pueblo Hundido, Bulnes, Matucana, Recabarren, Las Jabas, Nueva México, Illanes e Infante, de la comuna de Renca, el campamento Primero de Mayo y parte de la avenida Santa María perdieron sus muebles y enseres. Personal de la Oficina de Emergencia del Ministerio del Interior, de la Defensa Civil, de las municipalidades, bomberos, carabineros y cruz roja se abocaron a trasladar a los damnificados a escuelas y otros albergues provisorios y a realizar trabajos de emergencia para evitar mayores perjuicios. Los estudiantes universitarios, la iglesia y la ciudadanía colaboraron en una "operación solidaridad" juntando vestuario y víveres para las familias afectadas. Se realizaron trabajos de urgencia en el lecho del río con fondos de cargo del dos por ciento constitucional.

#### Inundaciones en la Zona Sur el Año 1969

Durante los primeros días de julio de 1969, violentos azotaron la zona sur, adquiriendo características de catástrofe en Valdivia, Osorno, La Unión y Cautín.

En la provincia de Valdivia trescientos milímetros de agua en menos de cinco días, cortando los caminos; en la vía férrea, deslizamientos de tierra provocaron un accidente que costó la vida a dos personas. La capital provincial quedó aislada por tierra, con las calles inundadas; el río Calle Calle alcanzó un nivel superior a dos metros y medios sobre lo normal en invierno, e incluso superior al provocado por el "Rifñihuazo" de 1960; se inundaron los barrios bajos, principalmente los que descendieron en su nivel después del terremoto de mayo de 1960; por lo menos un mil quinientas personas resultaron damnificadas, las que se ubicaron en escuelas y otros locales. El Gobierno dispuso de doscientos mil escudos, para la atención inmediata de los más afectados.

En La Unión el viento y la lluvia causaron estragos en las viviendas de por lo menos, quinientas familias, las que también debieron ubicarse en albergues temporales; hubo daños en las redes de agua potable, dejando a más del ochenta por ciento de la población sin el vital elemento durante varios días y obligando a bomberos a suministrarla con sus propios carros, para el hospital y otros centros asistenciales. Las marejadas hicieron naufragar una goleta, cerca de Corral.

En Osorno se desbordaron los ríos Rahue y Damas ocasionando desperfectos en la planta elevadora de agua potable e inundando gran cantidad de viviendas; hubo más de dos mil damnificados; la municipalidad dispuso de venticinco mil escudos y la Oficina de Emergencia envió otros trescientos mil, para la atención de las familias ubicadas en albergues.

Graves inundaciones provocaron los ríos de Toltén y Boldos, en la provincia de Cautín; los caminos prácticamente desaparecieron; muchos caseríos debieron ser apertrechados por aviones o a través de embarcaciones; alrededor de cuatrocientas treinta familias tuvieron que abandonar sus hogares, ubicándose en albergues habilitados en escuelas o centros sociales; el Intendente fue autorizado para gastar quince mil escudos e la atención de los damnificados.

El Instituto de Desarrollo Agropecuario invirtió diez mil escudos en fardos de pasto para unos quinientos animales que quedaron en sectores totalmente amargados. Muchos agricultores lograron salvar a sus animales en botes o lazeándolos para evitar que se ahogaran.

Los daños en la red caminera, entre Cautín y Chiloé fueron evaluados en dos y medios millones de escudos, la mayor parte de los cuales correspondía al sector de Cufeo, donde un derrumbe interrumpió el tránsito, al caer ciento cincuenta mil metros cúbicos de material sobre la ruta.

Se decretó "zona de emergencia" para la región afectada, disponiendo, a su vez, las autoridades, la vacunación masiva de la población, para evitar epidemias.

#### -Inundaciones del Año 1970

Un frente de mal tiempo de más de tres días de duración, afectó en julio de 1970, desde Illapel, por el norte, hasta Puerto Montt, por el sur, dejando dos muertos, cuantiosos daños materiales y cientos de damnificados.

Por lo menos nueve de las trece comunas de Santiago tuvieron problemas a causa de desbordes del río Mapocho, del canal San Carlos, de los desagües y ruptura de los cauces, dejando más de cinco mil personas damnificadas; las comunas más afectadas fueron Renca, Pudahuel y Barracas. Intensas nevadas dejaron cuatrocientas personas aisladas durante una semana, en los pequeños poblados cerca del límite con Argentina.

En Valparaíso llovió cien horas, sin parar, los daños fueron estimados en un millón de escudos; hubo catorce derrumbes; alrededor de dos mil personas se anegaron, perdieron sus muebles y enseres; el sector más amargado fue el denominado Los Pequeños, donde cedieron las bases de un muro de contención, produciendo una avalancha de piedras y barro hacia el "plan", destruyendo casas particulares y negocios; muchas familias resultaron damnificadas al desbordarse el tranque y canal Chaparro, ubicándoseles en locales escolares. En Quilpué, treinta y cinco personas quedaron aisladas.



En Concepción pereció una persona; los vientos alcanzaron a ciento nueve kilómetros por hora, volando parte del techo del mercado municipal, arrancando árboles, destrozando vidrios, letreros luminosos.

En las provincias de Malleco y Arauco se interrumpieron las comunicaciones y telefónicas. En Chillán pereció una persona y se cortaron las comunicaciones telefónicas. En la provincia de Valdivia se registraron caídas de postes del alumbrado, centenares de casas perdieron sus techos y otras los cierros. En Osorno, Puerto Varas, Puerto Montt y Llanquihue hubo alrededor de trescientas familias damnificadas al deteriorarse sus viviendas con el viento y la lluvia.

La ayuda para los afectados se canalizó a través de la Oficina de Emergencia del ministerio del Interior, que entregó víveres, vestuario y materiales de construcción.

#### Temporales de Mayo de 1971

Entre el 20 y el 22 de mayo de 1971, un fuerte temporal de lluvia que duró setenta y dos horas continuadas, afectó desde Ñuble hasta Valdivia, dejando alrededor de diez mil damnificados, localidades aisladas, daños en las viviendas y ocasionando la muerte de una persona en el río Lumaco.

En Ñuble, alrededor de cincuenta familias perdieron todos sus enseres, por las salidas de ríos y esteros. El desbordamiento del río Cautín dejó más de cinco mil damnificados en Temuco, la mayoría habían sido pobladores sin casa a los que la CORVI les había entregado mediaguas que instalaron en las márgenes del Cautín, que al crecer, arrastró las viviendas; la intendencia les proporcionó vestuario y alimentos, trasladándolos a albergues. En el pueblo de Lastarria, por lo menos otras sesenta familias se inundaron al desbordarse el río que cruza el poblado. También sufrieron algún tipo de daños las familias de Toltén, Curarrehue y otras localidades menores, principalmente las que vivían a orillas de esteros y ríos.

Panguipulli quedó prácticamente bajo el agua. Cofaripe, Liquiñe, Pullinque, Neltume y otros caseríos quedaron aislados.

La ayuda estatal fue canalizada a través de la Oficina de Emergencia del ministerio del Interior, que envió elementos de socorro por avión.

## Temporales de Junio del Año 1971

Un temporal de viento, lluvia y nieve azotó desde la provincia de Coquimbo a la de Magallanes, a partir del 19 de junio de 1971, prologándose más de una semana. El frente de mal tiempo se originó en el océano Pacífico, a unos mil doscientos kilómetros de la costa, se produjo una depresión atmosférica fuera de lo normal que avanzó hasta la costa. El torbellino de viento ocasionó precipitaciones con temperaturas muy bajas dos grados bajo cero provocando una nevazón. Los especialistas informaron que estas condiciones climáticas eran frecuentes en el Pacífico, pero generalmente alcanzaban el territorio entre Concepción y Puerto Montt. Esta vez, en cambio, al anticiclón del Pacífico emigró hacia el norte y la depresión, con su secuela de viento, nieve y temporal pasó al borde inferior del anticiclón alcanzando la región comprendida entre Quinteros y Curicó. También llovió en La Serena y Coquimbo. En Ovalle cayeron más de dieciocho milímetros de agua, favoreciendo a la agricultura; las provincias más afectadas fueron Valparaíso, Santiago y O'Higgins.

Los daños se estimaron en doscientos mil metros cuadrados de edificación destruida; once mil de doscientas catorce personas damnificadas en las provincias señaladas, que fueron declaradas "zona de catástrofe", sesenta millones de escudos en pérdidas en la agricultura y la cuarta parte de las instalaciones avícola en el suelo. Hubo quince muertos y cuatro heridos a consecuencia de derrumbes, enfriamientos y otros efectos de la nieve y la lluvia.

Con la llamada "operación invierno" se habían realizado trabajos preventivos para enfrentar la época invernal. En Santiago se lograron extraer quince mil metros cúbicos de basura y se rapiaron ciento cuarenta mil metros cuadrados de las calles en las poblaciones de Renca, Conchalí, Puente Alto, La Cisterna, La Granja y Quinta Normal. Lo que no se previno fue la nevazón que tomó de sorpresa a todo el país. Las lluvias torrenciales que cayeron sobre las provincias de O'Higgins, Santiago y Valparaíso, agravaron los daños materiales.

El hecho más dramático se produjo en la Paso de Angostura, en plena carretera Panamericana Sur, el domingo 20, en la tarde; la tranquilidad y el agrado frente a los primeros copos de nieve se transformaron en desesperación y temor, cuando los vehículos se vieron impedidos de regresar a Santiago. Alrededor de seis mil personas quedaron bloqueadas en los interiores de un mil doscientos vehículos particulares y de locomoción colectiva. Este mismo día se había efectuado una carrera automovilística entre Santiago y San Fernando, aumentando la cantidad de autos que regresaban a la capital. Tres convoyes de ferrocarriles también quedaron a mitad del camino, entre Rancagua y Linderos, dejando aislados a otros tres mil individuos.



Personal de los regimientos Membrillar de Rancagua, Ferrocarriles de Puente Alto y el Cuerpo Militar del Trabajo tuvieron que actuar, empleando tractores oruga y motoniveladoras, a partir de la noche del domingo 20 hasta pasado el medio día del lunes 21, para despejar la carretera, donde la nieve alcanzó en algunos sectores a ochenta centímetros y la gente no tuvo calefacción ni alimentos. El Cuerpo de Socorro Andino, por su parte, ayudó en la atención de las personas que habían quedado bloqueadas.

Este organismo voluntario había sido creado el 31 de mayo de 1949, por acuerdo entre la Asociación Santiago, de Andinismo y la Federación de Esquí; su objetivo es la búsqueda, salvamento y rescate de personas accidentadas o extraviadas en las zonas montañosas o nevadas.

La provincia de O'Higgins fue la más damnificada. La nieve alcanzó a sesenta centímetros, cortando toda la red de alta tensión que abastecía de energía eléctrica a Rancagua, que quedó totalmente a oscuras; careciendo de pan, de agua y de bencina, se interrumpieron las comunicaciones telefónicas y telegráficas, estuvo aislada más de veinticuatro horas. Los damnificados de las poblaciones Schneider, Santa Julia y Dinstrans fueron ubicados en el liceo de hombres, en la escuela industrial y en escuelas públicas. La situación fue similar en Graneros, Machalí, San Francisco de Mostazal y Doñihue. En San Francisco de Mostazal se cortó el suministro de agua potable. Prácticamente destruidos por la nevazón quedaron una fábrica de radiadores; una fábrica de papel, y las instalaciones de un matadero de aves, donde, entre los escombros perecieron treinta mil pollos, con pérdidas del orden de los quince millones de escudos. Se registraron derrumbes en la estación Colón; en el camino de Rancagua a Sewell, suspendiéndose el tráfico al mineral. La falta de electricidad también afectó a El Teniente; la fundición de Caletones estuvo paralizada dos días y la concentradora de Sewell funcionó en forma anormal; el resultado fue una baja considerable en la producción: de treinta y siete mil toneladas que se procesaban diariamente, bajó a seis mil; en Sewell la nieve alcanzó una altura de dos metros.

En Santiago hubo más de quinientas familias damnificadas en las poblaciones marginales Violeta Parra, José María Caro, La Victoria, La Bandera, Teniente Merino, Robert Kennedy, Pablo de Rocka, Che Guevara. Varios pasos bajo nivel quedaron intransitables, en otros, el de Lo Valledor, Nuble y el que llevaba a la población José María Caro. Se cerraron los aeropuertos; se suspendió la salida de trenes hacia el sur. Muchas industrias sufrieron daños en sus instalaciones; miles de metros cuadrados de galpones y talleres quedaron varias industrias que abastecían a todo el país, maquinarias y productos listos para entregar al mercado quedaron inutilizados.

La provincia de Valparaíso también fue bloqueada por el agua el barro. Alrededor de quinientas personas sufrieron el anegamiento de sus casas.

Si bien la lluvia fue favorable para la agricultura en las zonas de secano, empastadas naturales y tierras de chacras, la nevazón lesionó las producciones. Hubo daños en la avicultura en algunos sectores de Talagante; los naranjos, limoneros y paltos sufrieron deterioros apreciables en las provincias de Valparaíso y Aconcagua; se retrasaron las siembras de ajos y cebollas en Llay Llay; en San Felipe se destruyeron galpones con semillas, fertilizantes y maquinarias agrícolas; en la provincia de Santiago se perdieron los almácigos de lechuga y cebollas.

Hacia el sur hubo inundaciones en las poblaciones ubicadas en las riberas del río Bío Bío, en Concepción.

Desde el primer momento, las autoridades por una parte, coordinadas a través de la Oficina de Emergencia del Ministerio del Interior, y la solidaridad de la población, por otra parte, se abocaron a socorrer a los damnificados. Después de la nevazón, todas las policlínicas del Servicio Nacional de Salud atendieron veinticuatro horas diarias, con personal de emergencia, para prevenir posibles flagelos; se realizó, también, un vasto plan de vacunación contra el sarampión y las enfermedades respiratorias, a raíz de pequeños brotes epidémicos aparecidos en algunas poblaciones.

En las operaciones de emergencia y socorro a la población actuaron personal del Ejército, de la Fuerza Aérea, Carabineros, bomberos, Obras Públicas, dirección de Asistencia Social, dirección de Vialidad, dirección de Alcantarillado, Cuerpo de Socorro Andino, Defensa Civil, Cruz Roja, Boys Scouts. Tanto en Santiago, como en las provincias damnificadas y mayormente en las que no lo fueron, se realizó una campaña masiva de recolección de alimentos, vestuario y medicamentos a través de los canales de televisión, radioemisoras, centros de estudiantes, sindicatos y otros organismos. La Oficina de Emergencia entregó los mismos elementos, además de fonolitas, pizarreño y mediaguas.

El eco de la catástrofe llegó más allá de las fronteras. Alemania Fereal envió un avión con treinta y seis toneladas de ropa y alimentos. Un aporte de dos y medio millones de dólares hizo la República Popular China, a través del embajador. Frazadas, medicamentos, alimentos y material especial para este tipo de catástrofes remitieron los soviéticos, norteamericanos y japoneses.

## Temporales e Inundaciones en 1972

En la segunda semana de febrero de 1972, el llamado "invierno del altiplano" provocó lluvias torrenciales y aluviones en las provincias de Tarapacá, Antofagasta y Atacama.

En la primera se desbordó el río San José, arrasando con puentes, caminos y viviendas modestas, principalmente en Arica. Cientos de damnificados fueron trasladados a escuelas, al mismo tiempo que personal de bomberos, Defensa Civil, Cruz Roja y de Obras Públicas atendían a la población y se abocaban a reparar las vías de comunicación. Los aluviones de barro inundaron también, el mineral de Sagasca, paralizándose las faenas alrededor de dos meses.

En la provincia de Antofagasta los caminos interiores se cortaron en varios puntos y la ciudad de Antofagasta quedó con menos de la mitad del suministro normal de agua potable. El río Salado se desbordó arrasando prácticamente, con la mayoría de los pequeños poblados del interior; las olas de fango llegaron a más de cuatro metros de alto y cuarenta y cinco metros de ancho.

En Chañaral quedaron un mil trescientos damnificados y más de seiscientos casa destruidas. A los pueblos de Barquito, Pueblo Hundido, hoy Diego de Almagro e Inca de Oro se les cortó el suministro de agua potable durante varias días.

El Gobierno decretó "zona de catástrofe" para las comunas de las tres provincias y entregó doscientos mil escudos a cada uno de los intendentes, con cargo a la ley de Régimen Interior, con el objeto de atender a las familias afectadas y realizar las reparaciones más urgentes.

A mediados de marzo del mismo año, 1972, un temporal de lluvia con fuertes vientos azotó a las islas del archipiélago de Juan Fernández, provocando un aluvión de agua y lodo, que en algunos sectores alcanzó hasta cinco metros de altura. Se destruyeron decenas de casas; hubo alrededor de cien damnificados; se cortó la energía eléctrica al perderse los generadores bajo la avalancha, la que también arrasó con las embarcaciones, el vivero de langostas, el retén de Carabineros y los edificios destinados al personal que prestaba servicios en la isla. Desaparecieron todos los víveres que tenía la Empresa de Comercio Agrícola en sus almacenes de Robinson Crusoe y la cooperativa de pescadores estimó los daños en más de "mil millones de pesos". La pista de aterrizaje se cortó en cinco partes; treinta turistas que visitaban las islas fueron rescatados por helicópteros y un transporte de la Armada Nacional.

El 6 de mayo de 1972, al anochecer, comenzó un frente de mal tiempo que se extendió desde la Serena a Temuco, lloviendo en forma casi ininterrumpida y con fuertes ventiscas durante tres días. Las provincias más afectadas fueron O'Higgins, Curicó, Talca y Linares. También hubo daños en las poblaciones periféricas de Santiago.

Dieciseis personas murieron, de las cuales ocho fueron arrastradas por la corriente de los ríos en la provincia de Curicó; una por las aguas del río Achibueno, en Linares; tres, por la misma causa, en la provincia de Valdivia; dos menores murieron de bronconeumonía, a raíz de pasar la noche a la intemperie en el campamento Nueva La Habana en Santiago; una mujer pereció electrocutada y un hombre a causa del frío, éstos dos últimos, también en Santiago. Los damnificados sumaron más de quince mil personas.

Los campamentos Lulo Pinochet de Ñuñoa y Nueva La Habana, fueron los más dañados en la capital.

El río Cachapoal se desbordó en varios sectores, permaneciendo aislados areneros en los islotes formados en el mismo río. En Santa Cruz se evacuaron alrededor de seiscientos cincuenta personas. Quedaron sin caminos, sin ningún tipo de comunicación, sin energía eléctrica ni agua potable los pueblos de Chépica, Lolol, Paredones, Pumanque, Pichilemu, La Estrella, Rosario y San Pedro de Alcántara. Animales vacunos y ovejunos fueron arrasados por los ríos y en algunos sectores el nivel del agua subió hasta tapar las copas de los árboles.

La provincia de Curicó que fue declarada "zona de catástrofe" tuvo alrededor de cuatro mil personas evacuadas de las poblaciones Lo Mataquito, 30 de Mayo, Rauquén, Magisterio Norte, Villa San Sebastián, La Colmena y La Marquesa y de los campamentos Luciano Cruz y Salvador Allende. Los suministros de energía eléctrica y teléfonos se interrumpieron, escaseó el gas licuado, la bencina, los medicamentos y los alimentos, a raíz de que muchos caminos quedaron inundados o cortados por la caída de los puentes.

En Talca el canal Monte Baeza se desbordó hacia la población Artura Prat; las aguas del río Claro llegaron hasta La Alameda talquina. Los ríos Maule y Loncomilla inundaron San Javier, Villa Alegre y los caseríos intermedios.

Casi a diez mil llegaron los damnificados en la provincia de Linares. Se cortaron los puentes Los Hualles, El Carrizal, El Pejerrey, y el puente Maule sufrió daños en su acceso norte.



La ciudad de Linares quedó varios días aislada del resto del país. Los habitantes del sector comprendido entre los ríos Quillipín y Putagán tuvieron que ser rescatados por helicópteros de la Fuerza Aérea, trasladándolos a escuelas de la zona.

En la vía férrea al sur, entre las estaciones de Itahue y Camarico, la lluvia carcomió los terraplenes, interrumpiéndose el tráfico varios días.

El Ministro Secretario General de Gobierno recorrió la zona afectada y el Presidente de la República, las poblaciones periféricas de Santiago. Se dispuso de fondos con cargo al dos por ciento constitucional para la atención de los damnificados y las soluciones más urgentes de los problemas derivados de las catástrofe. Se creó un comité ministerial centralizador formado por los ministros del Interior, Obras Públicas, Salud, Vivienda y el Secretario General de Gobierno para elaborar un plan de trabajo que paliara los efectos del temporal. A su vez, la Oficina de Emergencia del ministerio del Interior distribuyó colchones, frazadas y alimentos para la atención de los afectados.

Tres muertos, once mil damnificados, setenta mil hectáreas de trigo, ocho mil cuatrocientas hectáreas de remolacha y alrededor de setenta mil cabezas de ganado perdidas, dejó el frente de mal tiempo que entre el 28 y el 31 de mayo azotó a las provincias de Concepción, Ñuble, Arauco y Malleco.

El río Biobío subió cuatro metros sobre su nivel normal, arrasando con poblaciones marginales de Concepción, Chiguayante y la localidad de Hualqui. El viento con una fuerza superior a los cien kilómetros por hora ayudó a producir fuertes marejadas que arrasaron con modestas viviendas en la caleta de pescadores Cerro Verde, cerca de Penco. Por lo menos veinte caminos interprovinciales quedaron cortados y algunos puentes inutilizados. Derrumbes de tierra junto a la vía férrea interrumpieron el tráfico hasta la zona minera de Lota y Coronel. La carretera Panamericana quedó interrumpida desde Los Angeles al sur. En esta ciudad los desastres en cosechas perdidas alcanzaban a quince millones de escudos.

Tanto el Presidente de la República, como los ministros del Interior y Obras Públicas viajaron a la zona afectada para imponerse de la magnitud de la catástrofe y buscar alguna fórmula de ayuda. El Gobierno dispuso siete millones de escudos para socorrer a las damnificados, de los cuales, tres millones se destinaron a la provincia de Concepción. Soldados y estudiantes colaboraron con los Comités de Emergencia para ayudar a superar el desastre.

En la segunda semana de junio, otro temporal azotó el territorio nacional desde el Norte Chico hasta Puerto Montt. Hubo dos muertos por derrumbes, en Viña del Mar; otro en Valparaíso; dos en Puerto Varas, al volcar un bote a causa de la tempestad, y otro en Puerto Montt, aplastado por el techo de su propia vivienda. En el norte, el frente de mal tiempo fue acompañado de fuertes nevazones en la cordillera, quedando doce mineros aislados por una semana, al interior de Ovalle.

En Colchagua, setenta y dos obreros que trabajan en la reforestación de Hidango también quedaron aislados, en este caso, por la crecida de los ríos. En Valparaíso, la lluvia, el viento de hasta cien veinte kilómetros por hora y la tempestad eléctrica derribaron árboles y viviendas, y en la población Aurora de Chile, en el cerro Cordillerano, cuarenta casas quedaron con las puertas, muebles y utensilios con carga eléctrica, por efectos del agua y la presencia de conductores de protección, a causa de la sobrecarga que se produjo en los generadores; personal de Chilectra tuvo que concurrir a auxiliar a estos pobladores.

La provincia más afectada fue Colchagua, donde se calculó que tan sólo en la agricultura en los caminos y puentes cortados los daños fueron por sobre los siete millones de escudos. El tren que se dirigía a Pichilenu se volcó a la altura de Larraín Alcalde, al hundirse uno de los terraplenes al paso de la máquina. Cerca de La Calera, el desborde del canal Serrano cortó el tráfico ferroviario entre Santiago y Valparaíso. En otras provincias, como Bío Bío, Concepción y Puerto Montt se adelantaron las vacaciones de invierno, ya que gran cantidad de escuelas fueron ocupadas por los evacuados. Nuevamente se destinaron fondos con cargo al dos por ciento constitucional para reparar los perjuicios en puentes y caminos.

Casi a fines de agosto del mismo año 1972, otro violento temporal asoló la provincia de Coquimbo. Se cortaron las líneas telefónicas, las rutas quedaron intransitables y las actividades mineras paralizadas, al interrumpirse la energía eléctrica. En Corral Quemado, al interior de Andacollo, ciento veinte personas quedaron aisladas, ya que el camino de acceso se tapó de nieve.

La nevazón también fue intensa en Hurtado, Pedregales, Coirón, La Laguna, Piuquenes y en Guanta, bloqueándose la ruta internacional de Coquimbo a San Juan. En La Serena varias familias damnificadas fueron trasladadas a establecimientos escolares. En el sector de La Pampa, la lluvia formó un río de alrededor de trescientos metros de ancho, inundando la mayoría de las viviendas. El arzobispo de La Serena inició una campaña pública de erogaciones para ayudar a los damnificados, muchos de los cuales perdieron sus viviendas, mobiliario y enseres de trabajo.



Pasado el 15 de diciembre, toda la zona central se vio afectada por la crecida de los ríos a causa de los deshielos cordilleros. Los ríos Aconcagua y Putaendo arrasaron casas, cultivos, cortaron caminos y puentes. San Felipe y Los Andes fueron declaradas "zona de catástrofe". El camino internacional a Mendoza quedó interrumpido, y el camino de Coquimbo a San Juan, ya bloqueado por las nevazones de agosto, siguió obstruido por la crecida de los ríos. Los sectores de Bucalemu, Los Tilos y Las Lechuzas en el Norte Chico quedaron aislados al cortarse los puentes Almendral, Las Rojas, Diaguitas y Algarrobal, con la crecida del río Elqui.

#### Temporales de Enero y Mayo de 1973

Intensas lluvias cayeron en la precordillera, al interior de Arica, a partir del 13 de enero de 1973, provocando el desborde del río San José. Una verdadera avalancha azotó a la ciudad dejando centenares de casas anegadas o destruidas en los sectores adyacentes a la zona ribereña. El agua y el barro también inundaron las dependencias de la Universidad de Chile, en la primera ciudad del norte, destruyendo laboratorios y oficinas. Los damnificados, más de quinientos, fueron trasladados a estadios, colegios y unidades vecinales por personal de Carabineros, del Ejército, de la Defensa Civil y bomberos. La ciudad de Arica fue declarada "zona de calamidad pública".

El 21 de mayo de 1973 comenzó un temporal de lluvia y vientos huracanados, que duró varios días. Las provincias de Valparaíso, Aconcagua, Santiago y O'Higgins fueron las más damnificadas, quedando cientos de familias con sus viviendas anegadas, sin techo y con el mobiliario y enseres destruidos. La oficina de Emergencia del Ministerio del Interior distribuyó mediaguas y fonolitas para superar esta situación.

#### Temporales de 1974

Entre el 21 y 22 de mayo de 1974, Santiago sufrió un aguacero que inundó la mayoría de los quinientos cuarenta y siete campamentos ubicados en los sectores periféricos de la ciudad. Uno de los más amagados fue el de la población Nueva Matucana, en la comuna de Quinta Normal, situado en terrenos de relleno, casi a orillas del río Mapocho, donde vivían un mil ciento cincuenta familias. El Presidente de la Junta de Gobierno, el ministro del Interior y el jefe de la Oficina Nacional de Emergencia concurren a esta población, disponiendo una ayuda de emergencia y el posterior traslado de doscientas treinta familias, que vivían más cerca del río, a terrenos del ministerio de la Vivienda y Urbanismo, en la comuna de Barrancas, hoy Pudahuel.

Veinticinco muertos, miles damnificados, siete mil seiscientos cincuenta millones de escudos en pérdidas, ciento treinta y cuatro edificios públicos inhabilitados, veinte mil quinientas casas perdidas, setenta y cuatro puentes dañados, ochocientos cincuenta kilómetros de caminos destruidos, veintitres tramos ferroviarios destrozados dejó el temporal de lluvia y viento que azotó desde Valparaíso hasta Osorno, entre el 25 de junio y los primeros días de julio de 1974.

De los muertos, dos perecieron en Valparaíso. La persistente lluvia reblandeció los cerros, provocando derrumbes que constituyeron un centenar de viviendas; otras se anegaron dejando una secuela damnificados que recibieron atención en el estadio Valparaíso de Playa Ancha y en locales escolares. La fuerza del vendaval obligó a cerrar el puerto durante nueve días.

En la provincia de Santiago casi todas las comunas resultaron anegadas. Más de un mil quinientos personas fueron evacuadas a distintos albergues; de éstas, por lo menos trescientas correspondían al departamento de Melipilla; cien a San Antonio, y otras cien a Puente Alto. Villa Alhué quedó totalmente aislada, siendo abastecida por helicóptero. Una situación similar vivieron varias familias de Punta Cortés, a seis kilómetros de Rancagua, por los desbordes del río Cachapoal.

El río Coltauco inundó Doñihue y sus alrededores, pereciendo una menor. La crecida del estero Calicanto, cerca de San Fernando, mató a otra persona y dejó decenas de damnificados.

Hacia el sur, el frente de mal tiempo causó los mayores estragos. Los ríos Teno, Claro, Maule, Cauquenes, Chillán, Andalién, sus afluentes y esteros se desbordaron en diferentes sectores, inundando pequeños poblados, fundos y principalmente las poblaciones periféricas de Curicó, Talca y Linares, Constitución, Maule, Cauquenes, Chillán, Concepción, Talcahuano y Tomé.

Los puertos Penco, Codegua, Cachapoal y Teno fueron los más dañados en la carretera Panamericana Sur. La vía férrea entre Santiago y Puerto Montt también se interrumpió en varios sectores, a causa de derrumbes de los cerros y desborde de los ríos. En la vía férrea de Concepción a Penco, el río Andalién arrasó con cuarenta metros de la estructura del puente que lo atraviesa, en momentos que un número indeterminado de menores jugaban en los rieles, muriendo por lo menos tres niños.

Los otros muertos se registraron en Chillán, Concepción, Tomé, Quilacoya y en el camino de Osorno a Puerto Octay.

El ministro del Interior y el director de la Oficina Nacional de Emergencia recorrieron Constitución, Cauquenes, Linares, Chillán y Concepción para comprobar en el terreno de los daños ocasionados por el temporal. El Gobierno decretó "zona de catástrofe" para las trece provincias más dañadas. Se designó un equipo de ministros para formar un gabinete de emergencia que puso en práctica un programa destinado a solucionar los problemas que causaron el viento y la lluvia.

El Ministerio de Hacienda puso a disposición de las acciones de socorro la cantidad de doscientos noventa millones de escudos. El ministro de Defensa ordenó la acción del Cuerpo Militar del Trabajo para colaborar con Obras Públicas, la Empresa de Ferrocarriles y municipalidades en la reparación de puentes, vías férreas y ripiado de calles y pasajes en las poblaciones anegadas. El ministro de Salud dispuso turnos especiales de atención en postas y hospitales. La dirección de Industria y Comercio y la Empresa de Comercio Agrícola, dependientes del ministerio de Economía se preocuparon del abastecimiento para los damnificados.

La Cruz Roja Chilena colaboró en la atención de los albergues y recaudación de ayuda. En esta última, también colaboraron la Secretaría Nacional de la Mujer, la Secretaría Nacional de la Juventud, bomberos, las radioemisoras, los canales de televisión y los estudiantes, a los que se les suspendieron las clases durante tres días, ya que la mayoría de los establecimientos educacionales estaban ocupados como albergues. Las organizaciones gremiales, los camioneros, los taxistas, industriales, comerciantes y hasta los reos aportaron dinero, ropa, enseres, maderas y otros.

La ayuda también llegó desde el exterior. La República Argentina hizo llegar frazadas y ropa; lo mismo hicieron Brasil y Nueva Zelanda. Los Estados Unidos enviaron frazadas y catres de campaña. La embajada norteamericana, aportó veinticinco mil dólares y una cifra parecida donó el embajador de la República Alemana Federal. Por su parte, las Naciones Unidas aprobaron un proyecto de ochenta y cinco mil dólares para la compra de carpas y medicamentos.

Frentes del mal tiempo durante el año 1975

El "invierno boliviano" del año 1975 comenzó el 22 de enero, prologándose tres días. Afectó entre Camiña, por el norte y la planta salitrera de Pedro de Valdivia, por el sur. La lluvia torrencial inundó los caseríos de Victoria y Alianza, en el altiplano, que en esa época no tenían más de quinientos habitantes, se cortaron los suministros de agua potable, energía eléctrica y teléfonos.

Lo mismo sucedió en las salitreras de María Elena, Coya Sur y Pedro de Valdivia, suspendiéndose las faenas, debido al reblandecimiento del material.

En Pozo Almonte, Mamifña, Huara y Camifña los daños fueron menores, no obstante, se inundaron algunas viviendas. En Iquique el ventarrón voló techos y la lluvia deterioró parte del camino pavimentado. En Tocopilla se suspendió el suministro de energía eléctrica para prevenir accidentes. Calama quedó sin energía eléctrica, se interrumpieron las comunicaciones telefónicas y radiales y en los barrios periféricos se registraron inundaciones y lodazales originados por la lluvia que formó riachuelos en los cerros; familias modestas fueron ubicadas en establecimientos educacionales ayudados por personal de la Cruz Roja, bomberos, carabineros y juntas de vecinos; la autoridad gubernamental fue autorizada para girar hasta diez millones de escudos con el objeto de ayudar a casi cuatrocientas familias damnificadas. Por su parte, ONEMI, en un avión de la Fuerza Aérea envió colchones, frazadas, leche en polvo y medicamentos.

En Chuquicamata los daños materiales fueron de mayor emvergadura: se perdieron toneladas de molibdeno, se paralizó la planta de fundición de cobre blister y se dejaron de producir treinta y cuatro mil toneladas de cobre, alcanzando las pérdidas a doscientos cincuenta mil dólares.

En la zona del mineral de Sagasca, la lluvia cortó el camino, aislado a cuarenta personas que laboraban en el yacimiento y a veinte militares del regimiento Dolores, de Iquique, que efectuaban ejercicios en el sector.

A fines de mayo del año 1975, una intensa lluvia que duró más de un día, en Huasco cinco viviendas destruidas y cincuenta y siete inhabilitables, además de doscientas diez personas damnificadas. Estas fueron evacuadas a escuelas y a otros albergues provisorios.

Alrededor de veinte personas desaparecidas, arrasadas por la rápida crecida de los ríos y más de dos mil damnificados dejó un frente de mal tiempo que afectó desde Concepción a Santiago, entre el 1 y 3 de julio de 1975.

El temporal empezó en Concepción con fuertes lluvias y vientos huracanados. El desmoronamiento de laderas sobre la vía férrea interrumpió el tráfico de la ciudad pesquera hacia otros puntos del país; las poblaciones ubicadas en los sectores periféricos se inundaron.



También hubo casas anegadas en Cauquenes por el desborde del tranque Tutuvén hacia el río del mismo nombre. En Talca, la avenida del río Claro dejó sectores agrícolas y poblaciones modestas cubiertas de agua. En Curicó el sector céntrico fue el más dañado.

En Santiago, las poblaciones periféricas ubicadas en Renca, Las Barrancas y Conchalí quedaron inundadas. También hubo daños de consideración, principalmente por la destrucción de los techos de fonolitas, en la población San Luis de Nueva Las Condes, ubicada entre las avenidas Manquehue y Kennedy, donde habitaban un mil doscientas familias.

Entre el 10 y 13 del mismo mes de julio de 1975, otro temporal azotó de Valparaíso a Concepción, causando daños en Valparaíso, Melipilla, Talca, Linares, Parral, Los Angeles y Concepción.

En Valparaíso los derrumbes en los cerros Las Monjas, Mariposa y Barón destrozaron y dañaron viviendas; hubo alrededor de quinientos damnificados que fueron ubicados en el estadio del cerro Playa Ancha. Además los torrentes de agua que bajaron por las quebradas taparon los cauces, gran parte del "plan" se inundó, suspendiéndose el tráfico vehicular durante varias horas.

Desbordes del río Maipo a la altura de Melipilla dejaron cerca de mil damnificados. Los ríos Lircay, Achibueno y Perquellauquén inundaron amplios sectores de Talca, Linares y Parral, respectivamente.

En Los Angeles se produjo un tornado: una verdadera tromba de viento de unos treinta metros de ancho avanzó a más de cien kilómetros por hora, abarcando todo el sector periférico de la salida norte de la ciudad. Numerosas casas se desnivelaron, volando la mayoría de los cercos y de los techos de la población Godoy; también la fuerza del viento atrajo hacia su centro una camioneta, lanzándola luego, a ciento cincuenta metros de distancia.

Ocho pescadores desaparecieron en Talcahuano, de Cauquenes al sur se cortaron los caminos por deslizamientos de tierra a desbordes de los ríos. En total hubo alrededor de dos mil damnificados que fueron socorridos por las autoridades locales, la Cruz Roja y bomberos.

Al otro extremo, en la provincia de Aconcagua, seiscientos trabajadores de la compañía minera Andina quedaron bloqueados por la nieve, a un mil doscientos metros de altura.

## Lluvias en el Altiplano en 1976

En los últimos días de enero de 1976, fuertes lluvias azotaron desde Arica hasta La Serena.

Los desbordes del río San José provocaron inundaciones en poblaciones modestas de Arica. En el camino internacional de esta ciudad a Bolivia se hundió un puente a la altura del valle de Lluta. También se destruyeron parte de la vía férrea de Antofagasta a Salta y el camino internacional por Aguas Negras, a la altura de La Serena. El tráfico internacional en el norte quedó interrumpido por varios días.

En el mineral de Sagasca hubo anegamientos y reblandecimiento de los terrenos, dejando daños que paralizaron las faenas.

## Inundaciones en 1976

Entre el 26 y 30 de mayo de 1976 un fuerte temporal de viento, lluvia y nieve cortó caminos, puentes, tendidos de energía eléctrica, y de teléfonos en diferentes partes del territorio.

En Antofagasta el viento voló techumbres y quebró vidrios. Desde el Norte Chico, hasta Aisén el temporal, acompañado de tormenta eléctrica obligó a cerrar los puertos de Guayacán, Coquimbo, Valparaíso, Talcahuano y San Vicente. En el primer puerto zozobraron alrededor de diez embarcaciones menores. Las intensas nevadas impidieron el tráfico del ferrocarril trasandino de Los Andes a Mendoza.

A mediados de junio de 1976, llovió durante diez días en gran parte de la zona sur, provocando la muerte de siete personas, dejando cientos de damnificados y pueblos aislados por derrumbes de puentes y daños en los caminos a causa de la crecida de los ríos.

En la provincia de Cautín hubo más de dos mil damnificados y pérdidas en obras públicas y cosechas del orden de los seis millones de pesos.

Hacia la cordillera, el río Allipén y los canales vecinos se desbordaron formando un lago artificial que anegó viviendas, rutas y potreros colindantes.



Por el lado de la costa, los ríos Toltén e Imperial sobrepasaron su cauce normal, dañando siembras y cultivos y destruyeron las viviendas, cuyos habitantes, en su mayoría, eran mapuches minifundistas. Se dispuso que un puente aéreo del grupo de helicópteros N°3 de la Fuerza Aérea rescatara a doscientos pobladores que quedaron desamparados en al desembocadura del río Toltén.

En los alrededores de Valdivia quedaron doce pueblos aislados por desbordes de los ríos. Doscientas noventa personas fueron evacuadas por helicópteros. Se presentaron algunos casos de difteria en Neltume y Río Bueno, suspendiéndose las clases durante algunos días.

El lago Todos los Santos se desbordó arrasando con caseríos, cosechas y viviendas.

Tanto ONEMI, como la Cruz Roja Chilena enviaron ayuda desde el nivel nacional para implementar las labores de socorro de las autoridades regionales y de los respectivos Comités de Emergencia.

#### Temporales de Julio de 1977

Entre el 2 y 5 de julio de 1977 un frente de mal tiempo se extendió desde la IV Región al sur.

Centenares de personas quedaron aisladas en Portillo y Farellones. En Santiago se anegaron calles y avenidas. En Lota Bajo, Concepción, las lluvias torrenciales crearon un lago artificial que dejó a poblaciones enteras con las viviendas inundadas, obligando a las autoridades a trasladar a sus habitantes a albergues de emergencia. En Punta Arenas, el fuerte viento, la lluvia y la nieve impidieron los vuelos hacia el corte.

Entre el miércoles 20 y la mañana del viernes 22 de julio de 1977, llovió más de cincuenta horas sin parar, desde La Serena hasta Puerto Montt, ocasionando daños, principalmente en el Norte Chico y la zona central.

Quedaron once muertos; dieciseis mil ochocientos damnificados, muchos de ellos aislados debido a que cincuenta y dos ríos y esteros y algunos tranques y embalses se desbordaron; hubo deterioros en cincuenta y ocho puentes; se cortaron noventa y cinco caminos, fraccionándose, además la carretera Panamericana en varios sectores; se produjeron derrumbes y rodados en los caminos cordilleranos.

En la región Metropolitana las viviendas destruidas y anegadas de las poblaciones periféricas dejaron catorce mil personas damnificadas; en el sector oriente de la capital el reblandecimiento del terreno originó el desprendimiento de enormes piedras de hasta setecientos kilos que fueron a dar al puente Luis Pasteur, sobre el río Mapocho, azotando sus pilotes de cemento hasta que se cortaron, todo el sector de Lo Curro quedó aislado.

Se estimó que los daños en el camino de Los Andes a Caracoles alcanzaron a la suma de siete millones doscientos mil pesos. Obras Públicas, por su parte, estimó que en todo el país los destrozos eran del orden de los ciento veintisiete millones de pesos.

La ayuda de los damnificados se centralizó en CEMA-Chile, que recibió donaciones de particulares. A su vez, ONEMI y la Cruz Roja Chilena enviaron parte de sus existencias a las regiones para que fuera distribuida por los jefes y Comités de Emergencia respectivos.

#### Temporales de Julio de 1978

Catorce días de lluvia en el sur y una semana en la zona central, durante el mes de julio de 1978, dejaron por los menos doce muertos y cuatro mil damnificados.

Se descompusieron más de cuatro mil teléfonos; hubo daños en puentes y túneles; el reblandecimiento de la tierra, los derrumbes y la crecida de los ríos provocaron problemas en los caminos. Sólo en la VII Región, los daños en obras públicas, por este temporal, fueron avaluados en ciento cincuenta millones de pesos; sesenta y tres millones de pesos.

Al cortarse el puente sobre el río Tinguiririca, deteriorarse en varios tramos la carretera Panamericana Norte, más de la obstrucción de los túneles Zapata y Lo Prado, la ciudad de Santiago quedó aislada, y decenas de camioneros a la altura de Angostura, sin poder llegar a la capital.

Portillo y Lagunillas también quedaron aislados. Alhué y San Pedro, en Rancagua, sin teléfonos, sin agua y sin abastecimientos. Fueron socorridos por helicópteros de la Fuerza Aérea.

La Cruz Roja Chilena colaboró en la atención sanitaria, donación de medicamentos, alimentos, frazadas y ropa, tanto de sus existencias nacionales, como de los suministros de la bodega internacional, los que fueron entregados a los Comités de Emergencia de la zona afectada. A su vez, ONEMI entregó a las municipalidades, para la atención de los damnificados y reposición de viviendas, mediaguas, planchas metálicas para techo, fonolitas, frazadas, alimentos, catres de campaña y sacos de defensa fluvial.

#### Inundaciones y temporales de Junio a Octubre de 1979

Un primer frente de mal tiempo, en el año 1979, comenzó el 23 de junio, extendiéndose desde la V región al sur, con lluvias torrenciales, vientos huracanados e intensas nevazones.

Derrumbes en la avenida España dejaron intransitable el camino de Valparaíso a Viña del Mar; en los cerros porteños quedaron doscientos cincuenta damnificados. La mayoría de las poblaciones periféricas de las comunas de San Miguel, Pudahuel y Ñuñoa se anegaron, en Santiago. En Temuco los damnificados llegaron a quinientas personas. El tráfico internacional a Mendoza fue suspendido por avalancha de nieve. Los puertos de Valparaíso y Talcahuano se cerraron. Hubo cuatro muertos.

Los primeros días de agosto del mismo año 1979, gran parte del territorio sufrió un nuevo temporal que dejó un muerto, cientos de damnificados y varios puentes cortados. Entre Talca y Puerto Montt se registraron los mayores daños. En el Norte Chico, las precipitaciones fueron consideradas como un paliativo para la agricultura de los valles interiores.

A fines del mismo mes de agosto, otro temporal se extendió desde Temuco a Punta Arenas. En Temuco más de doscientas veinte personas fueron evacuadas a establecimientos educacionales, al inundarse sus viviendas; también se anegaron pobladores que habitaban en los márgenes del río Cautín, en la misma región. Villarrica, Nueva Imperial y Osorno sufrieron inundaciones que obligaron a trasladar a decenas de familias a albergues provisionales. El río San Pedro se desbordó en el sector de Los Lagos. Barrios aledaños al río Las Minas se anegaron en Punta Arenas.

El ministerio de Obras Públicas avaluó los daños en infraestructura de obras existentes y las reparaciones más urgentes en seiscientos sesenta mil pesos.

Fuertes lluvias causaron el reblandecimiento y posteriormente, el derrumbe de un cerro que aplastó a un campamento de pescadores en la zona de Corhuín, cerca de Puerto Montt, el 23 de octubre de 1979.

Murieron veinte personas, pescadores que trabajaban en la recolección de algas, conocidas como lamilla. Se estimó que fueron más de cuatro mil metros cúbicos de barro los que cayeron sobre las carpas de polietileno que formaban el campamento.

#### Temporales e Inundaciones de 1980

El 9 de febrero de 1980 un frente de mal tiempo se extendió desde Talca hasta Santiago. En Los Cipreses, al interior de Talca, la súbita crecida del río Maule arrasó con dos casas, muriendo sus nueve habitantes. En Santiago, el ventarrón cortó varios cables eléctricos, pereciendo, con la caída de uno de ellos, una persona.

Los días 16, 17 y 18 de febrero intensas marejadas azotaron el litoral, principalmente en la V región.

Entre el 20 y 23 del mismo mes, intensas lluvias con tempestad eléctrica en algunos sectores, se extendieron desde Calama hasta Puyehue, causando destrozos en varias zonas del país.

En Calama y Toconao las precipitaciones anegaron viviendas y dejaron decenas de damnificados. Hubo chubascos y tempestad eléctrica en La Serena y Coquimbo; al interior del valle de Elqui, el temporal desbordó los ríos Claro y Turbio cubriendo el sector comprendido entre Guanta, Chapica, Rivadeneira y Paiguano. También se registraron daños en Andacollo y Ovalle. En San Felipe el temporal fue de lluvia, vientos y tempestad eléctrica. A ocho kilómetros de San Esteban, cerca de Los Andes, un aluvión arrasó con un campamento donde pernoctaban cuarenta minusválidos, los que fueron rescatados por helicópteros de la Fuerza Aérea. Se desprendieron barro y piedras en el camino de Los Andes a Mendoza, quedando bloqueados alrededor de doscientos automóviles. En Santiago llovió intensamente; más de diez mil familias de Las Condes, Arrayán y Farellones quedaron sin agua potable durante dos días, a causa de que ludes destruyeron bocatomas y compuertas, provocando la desviación del río Maipo. El río San Francisco se desbordó a la altura de la mina La Disputada de Las Condes, ocasionando la muerte de siete personas, varios desaparecidos y dejando aisladas a otras quinientas, que rescató el servicio de Vialidad. Desde Puyehue a Entre Lagos una intensa granizada destruyó vidrios, parabrisas y originó perjuicios en la agricultura.



En abril del mismo año 1980, otro sistema frontal se extendió desde la III a la VIII región, con un saldo de treinta y cuatro muertos, dieciocho heridos, cincuenta y tres desaparecidos, novecientas veintiseis viviendas dañadas, veintitres destruidas y cuatro mil trescientos noventa y seis damnificados. Los primeros días del mes, las lluvias azotaron a la III región, dejando más de seiscientas personas con problemas en sus viviendas. A mediados de abril, el mal tiempo causó daños materiales, principalmente en Valparaíso, donde además murieron dieciocho pescadores humildes, al naufragar sus embarcaciones.

En Santiago, el ventarrón con rachas de más de cien kilómetros por hora botó árboles y ramas, dañando los tendidos de energía eléctrica y teléfonos, suspendiéndose ambos suministros durante varias horas. A fines del mes de abril, el temporal asoló a Concepción y sus alrededores. Otros trece pescadores murieron al volcar sus embarcaciones frente a Arauco. El viento, con una fuerza cercana a los ciento cincuenta kilómetros por hora y la intensa lluvia derrumbaron una parte del cerro La Pólvora aplastando varias casas y ocasionando la muerte de tres personas. El Presidente de la República dispuso que se entregaran recursos adicionales a las autoridades regionales para el auxilio de los afectados.

Ocho muertos, varios heridos y por lo menos mil damnificados dejaron los temporales en mayo de 1980. El día 10 comenzó a llover desde el sur hacia el norte. En Puerto Montt, el viento con una fuerza cercana a los setenta kilómetros por hora obligó a suspender las faenas en el puerto. Lluvias abundantes y vientos huracanados dejaron viviendas anegadas o sin techo en Osorno; diversos tramos del camino de San Pablo a Osorno quedaron cortados. En Valdivia, los barrios bajos se inundaron, trasladándose las familias a diversas escuelas habitadas como albergues; el viento destruyó la techumbre y el cielo raso del liceo de niñas; cayeron árboles y postes, interrumpiéndose una sola franja, ante el desmoronamiento de los terraplenes. En Concepción perecieron tres personas, hubo destrozos en los caminos y poblaciones inundadas por la crecida del río Bío Bío.

En Constitución el volcamiento de una embarcación causó la muerte de cinco personas. Hacia el centro del país los destrozos fueron cuantiosos en obras viales y en viviendas. Las islas del archipiélago de Juan Fernández fueron arrasadas por el viento y la lluvia; un aluvión dejó al poblado de San Juan Bautista con quince casas destruidas y el cincuenta por ciento restante, con daños de consideración; se deterioraron los sistemas de energía eléctrica y agua potable; ciento veinte familias quedaron damnificadas, a las que se les llevó ayuda en un buque de la Armada Nacional.

En la tercera semana de Mayo una avalancha mató a siete personas en el campamento de la compañía minera El Indio, a doscientos kilómetros de La Serena. Esa misma semana, otro fuerte temporal en la IX región dejó alrededor de seis mil damnificados y daños del orden de los sesenta millones de pesos. Una decena de familias perdieron sus hogares, al desbordarse el río Las Minas, en Punta Arenas.

El 23 de junio, otro frente de mal tiempo azotó desde Ovalle hasta la VI región. Hubo destrozos en los caminos, en las viviendas y en los terrenos agrícolas de Ovalle, Combarbalá, Vicuña, Los Vilos, Valparaíso y Santiago.

#### Temporales del año 1981

Entre abril y junio de 1981, vario frentes de mal tiempo azotaron desde el Norte Chico al sur, dejando daños de diversa consideración.

El 23 de abril un fuerte temporal de lluvia provocó inundaciones en Concepción, dejando una decena de personas con sus casas anegadas. Tanto las autoridades regionales, como la Cruz Roja los apoyaron con ayuda material.

Otro sistema frontal comenzó el 6 de mayo, prologándose varios días entre la V y X región, con la consiguiente secuela de daños. En Valparaíso enormes marejadas obligaron a cerrar el puerto. En Portillo las nevazones fueron intensas. En la región Metropolitana, la lluvia y los ventarrones ocasionaron cortes parciales en el suministro de energía eléctrica y fallas en el servicio telefónico. En la VIII región, principalmente en Concepción, Penco, Talcahuano, y otras ciudades quedaron más de mil personas damnificadas que fueron ubicadas en albergues de emergencia, acondicionados en establecimientos educacionales. La Gobernación Marítima de Talcahuano cerró el puerto y las caletas desde Constitución a Tirúa. Derrumbes de cerros cortaron la vía férrea en varios tramos. Valdivia, Osorno y Puerto Montt vivieron situaciones parecidas, agravadas por vientos de más de cien kilómetros por hora.

Entre el 12 y 17 de mayo nuevos temporales dejaron muertos, heridos y graves daños en las carreteras, puentes, viviendas, puertos y en los servicios de utilidad pública, entre el Norte Chico y el extremo austral. En Ovalle, la primera lluvia fue tan intensa que los agricultores la consideraron perjudicial para las cosechas de ají, tomates y pimentones. En Valparaíso pereció un menor al caerle encima la estructura de su casa; las calles del Puerto se anegaron completamente con las aguas que bajaron como ríos por las quebradas y los desbordes de los cauces.



El ministro del Interior destinó un millón y medio de pesos para ayudar a superar la emergencia de los damnificados de las comunas de Conchalí, Renca y Pudahuel, de Santiago. Más al sur, la vía férrea se interrumpió entre Renaico y Victoria, al desmoronarse parte de los cerros reblandecidos por el agua; la empresa ferroviaria superó la situación disponiendo el trasbordo de pasajeros con el apoyo de buses.

El 30 de mayo otro temporal afectó a la zona central, con tempestades eléctricas e intensas lluvias, provocando anegamientos, interrupción en el transporte terrestre y daños en los servicios de energía eléctrica y teléfonos. Tanto en Santiago, como en Viña del Mar y Valparaíso hubo decenas de damnificados. El servicio ferroviario de Santiago a Valparaíso se cortó a la altura de El Salto, como consecuencia de un aluvión de tierra y rocas.

La Defensa Civil, los bomberos, la Cruz Roja y ONEMI colaboraron en la atención de las familias afectadas; ésta últimas, aportando, a la vez, elementos de socorro para los respectivos Comités de Emergencia.

#### Temporales e Inundaciones en 1982

Entre el 12 y 17 de mayo de 1982, gran parte del país soportó inestabilidades atmosféricas que se tradujeron en temporales de viento y lluvia, ocasionando por lo menos seis muertos, cientos de damnificados y daños diversos en viviendas, caminos, puentes y obras públicas.

En Santiago se anegaron calles, avenidas, pasos bajo nivel y poblaciones periféricas con una saldo de seiscientos setenta y cinco personas perdieron el techo de sus casas, a causa de los fuertes ventarrones, en Valparaíso; el puerto fue cerrado y se alertaron los servicios marítimos, policiales y de voluntariado. El camino internacional a Mendoza quedó intransitable. Hacia el sur, los mayores perjuicios se registraron en los campos cultivables.

A fines de mayo, en la II región, principalmente Antofagasta, Calama, Chuquicamata y numerosos poblados del interior fueron afectados por intensas lluvias con vientos de hasta ciento veinte kilómetros por hora e intensas nevazones. Aludes de barro y piedras provocaron la caída de árboles, postes de alumbrado público y teléfonos, interrumpiendo los respectivos suministros.

Durante las dos primeras semanas de junio, la X región sufrió los efectos de un temporal que ocasionó daños en caminos, puentes y viviendas.

Dos pescadores perecieron en Puerto Montt y otra persona en el lago Llanquihue. La crecida del río Bonito dejó alrededor de un mil quinientas personas aisladas, que vivían en los poblados ribereños. En Valdivia, centenares de casas se anegaron. La zona central soportó fuertes aguaceros y nevadas en la precordillera. Derrumbes en los cerros Barón y Yungay de Valparaíso, aplastaron viviendas con toneladas de barro, pereciendo cuatro personas.

El período de mal tiempo siguió durante la tercera semana de junio, con lluvias torrenciales y ventarrones de más de setenta kilómetros por hora. Trece personas que cumplían labores de despeje, en el camino internacional a Mendoza, quedaron aisladas entre Juncal y Portillo. En Talca, los desbordes del río Claro anegaron decenas de viviendas en los barrios periféricos.

Entre el 25 y 28 de junio, otro sistema frontal se extendió entre la IV y la VII región. Hubo dieciocho muertos, ochocientos dos heridos, dieciocho mil cuatrocientas setenta y cuatro personas damnificadas, quinientas setenta y ocho viviendas destruidas y tres mil ciento sesenta y una dañadas. Se produjeron cortes en los suministros de energía eléctrica, agua potable, comunicaciones telefónicas e interrupción del alcantarillado. Se cortaron sesenta y un tramos de caminos, se inundaron nueve pasos bajo nivel en Santiago, veintitres ríos y canales salieron de sus cauces, hubo cincuenta y ocho puentes inhabilitados, la vía férrea se cortó en tres sectores en la VI región y diecisiete localidades quedaron aisladas. Los mayores daños se registraron en la región Metropolitana: el río Mapocho se desbordó en varios sectores, hacia el oriente a la altura del puente Lo Curro, inundando cientos de casas, los subterráneos de los edificios de departamentos y las principales calles de Las Condes; hacia el centro se desbordó a la altura de la comuna de Quinta Normal.

También se salieron de sus cauces el canal San Carlos y el Zanjón de la Aguada. La mayoría de las calles y avenidas de Santiago se convirtieron en verdaderos ríos. Diversos sectores y poblaciones quedaron varios días sin agua potable, luz y teléfonos. Los damnificados de la región sumaron más de once mil personas. Otras de las regiones más afectadas fue la V, con daños principalmente en Valparaíso, San Antonio, Quillota, donde hubo, además de damnificados, destrozos en obras sanitarias, principalmente por la salida de los cauces. En la VII región los desbordes de los ríos y canales dejaron localidades aisladas y puentes destruidos.

Para hacer frente a esta situación de emergencia, el Gobierno dispuso a ONEMI, y las Fuerzas Armadas y de Orden desplegaran una labor de ayuda a los damnificados, en la que también colaboraron la Cruz Roja, los bomberos, los radioaficionados, las organizaciones de voluntariado y la comunidad, en general, tanto en la habilitación de albergues, como en la entrega de alimentos, vestuario, medicamentos y un adecuado control sanitario.

La cuantificación de los daños en obras viales, fluviales y sanitarias fue de seiscientos setenta y cuatro millones ciento ocho mil pesos. Para solucionar el problema de las personas que quedaron sin casa, se procedió a entregar mediaguas en terrenos semiurbanizados; a ayudar a la reparación de las viviendas dañadas y a entregar viviendas básicas ya construídas del ministerio de la Vivienda y Urbanismo que adquirieron las municipalidades. Estos gastos se financiaron con recursos municipales mediante la reasignación de fondos del programa de viviendas básicas 1982.

Un estudio realizado sobre este frente de mal tiempo, señala, en resumen, que un frente frontal cálido que significó que a niveles que en la cordillera normalmente las precipitaciones son en forma de nieve, cayera agua provocando grandes caudales que escurrieron hacia la cuenca de Santiago.

A mediados de julio, período de mal tiempo se extendió entre La Serena y Valdivia, afectando, principalmente, a zonas rurales. En Santiago, las poblaciones más dañadas fueron las de Renca, San Miguel, Cerrillos, Lo Valledor, Pudahuel y la Gran Avenida, que se extiende entre San Miguel y La Cisterna, la que se anegó en varios puntos.

A fines de julio, otro temporal dejó cinco muertos y daños diversos en puente y caminos. Fue necesario habilitar un puente provisorio cerca de San Francisco de Mostazal, ya que la carretera Panamericana Sur tuvo serios destrozos que impedían el tráfico entre el norte y el sur del país.

Las regiones que sufrieron menos las inclemencias de este invierno enviaron ayuda a las más dañadas, principalmente desde el sur, en el llamado "tren de la solidaridad". Colaboraron con materiales de construcción, alimentos, vestuario, enseres domésticos, medicamentos y otros.

#### Temporales de Julio de 1984

Setenta muertos, ciento cuarenta mil ochocientos setenta y seis damnificados, setenta heridos, once desaparecidos, veinticuatro mil seiscientos veintiocho viviendas dañadas, cuatro mil novecientos sesenta y tres viviendas destruídas, localidades aisladas, como consecuencia de desbordes de los ríos, caminos cortados, puentes destruídos, aludes en la cordillera principalmente en el complejo aduanero Los Libertadores, en la V región, tramos de ferrocarril interrumpidos, pasos inundados.

Además de lo señalado, prolongados cortes en los suministros de agua potable, luz y comunicaciones hicieron realmente dramática la situación que vivió la población de las regiones III, IV, V, VI, VII, VIII, IX, X y Metropolitana, entre el 2 y 15 de julio de 1984, a raíz de un prolongado frente de mal tiempo con fuertes lluvias, vientos y nevazones.

En una primera instancia, los problemas fueron solucionados por las respectivas intendencias, gobernaciones y municipalidades con el apoyo de los Jefes y Comités de Emergencia.

A la vez, ONEMI, activó su centro de operaciones de emergencia, poniendo en "alerta roja" a sus propios medios de telecomunicaciones, reforzados con las redes de Carabineros, Investigaciones, radioaficionados y otros organismos que proporcionaron información. Simultáneamente se coordinaron las acciones de socorro, rescate y ayuda con los intendentes, con el SAR, con el Cuerpo de Socorro Andino, con las Fuerzas Armadas, con los ministerios, con la Cruz Roja, con los bomberos, con las organizaciones de voluntariado y con todos los organismos que conforman el Sistema de Protección Civil, lo que posibilitó la atención de los damnificados, la entrega de alimentos, vestuario, medicamentos y un adecuado control sanitario.

Durante tres días se mantuvo un puente aéreo entre La Serena y Santiago para trasladar especialmente víveres, ropa de abrigo y medicamentos de la IV región que fue la más dañada y que estaba prácticamente aislada.

Luego que la carretera Panamericana se rehabilitó, ONEMI empezó a enviar ayuda a las regiones del norte III, IV y V hacia la VI y VII del sur, al mismo tiempo que entregaba elementos a la región Metropolitana de ONEMI. Luego se incrementaron con donaciones de empresas particulares de Santiago y de las regiones no damnificadas, que fueron del orden de las seiscientas toneladas en elementos de abrigo, ropa de cama, medicamentos y materiales de construcción. La magnitud de los daños requirió que, el Gobierno decretara girar fondos con cargo al dos por ciento constitucional; con parte de estos recursos se completó el aporte a las zonas siniestradas.

Los daños en vialidad, riego, obras sanitarias, arquitectura, pavimentos urbanos, ferrocarriles, viviendas, establecimientos de salud y educacionales fueron cuantificados en cuatro mil seiscientos sesenta y cuatro millones de pesos. Además los temporales afectaron los sectores de la minería y de la agricultura; es así que prácticamente toda la pequeña y mediana minería de la III, IV y V regiones se paralizó, quedando con sus piques inundados.



Cálculos preliminares del sector minero estimaron los daños en un millón doscientos mil pesos por cada mes de paralización de faenas. En relación con la agricultura, la IV región resultó la más perjudicada por la destrucción casi total de las bocatomas, canales de regadío e inundación de plantaciones.

De los recursos obtenidos con cargo al dos por ciento constitucional, se repusieron parte de las existencias de ONEMI, se pusieron fondos para que los intendentes repararan puentes y caminos, mediante mandatos del ministerio de Obras Públicas, para viviendas de emergencia, a través de coordinación con el ministerio de Vivienda y Urbanismo, al ministerio de minería para apertura de líneas de créditos que otorgara la Empresa Nacional de Minería a los mineros damnificados, y la ministerio de Agricultura para el otorgamiento de créditos que operaran el Instituto de Desarrollo Agropecuario, destinado a los agricultores afectados.

#### Inundaciones y Temporales de 1986

Entre el 19 y 20 de abril de 1986 fuertes temporales de lluvia azotaron parte del territorio, con mayor incidencia en la VII región donde quedaron decenas de damnificados.

Otro frente de mal tiempo, entre el 24 y 28 de mayo del mismo año 1986, se extendió desde la IV a la VIII región, produciendo daños diversos. El saldo fue de nueve muertos, heridos, más de treinta y ocho mil damnificados, centenares de viviendas dañadas, caminos secundarios interrumpidos, cortes en los suministros eléctricos, de agua potable y ruptura del alcantarillado. Las situaciones más dramáticas se vivieron en Valparaíso y San Antonio. En el Puerto, torrentes de lodo y piedras descendieron de los cerros, provocando la muerte de cuatro personas, la destrucción de casas, locales comerciales y vehículos. Daños superiores a los doscientos millones de pesos y más de diez mil damnificados dejaron los desbordes de los esteros Arévalo, en San Antonio; San Pedro, en Llolleo, y San Juan, el Lo Gallardo.

Otro temporal de viento, lluvia y nieve se desató entre el 15 y 17 de junio de 1986, asolando la V, VI, VII, VIII y región Metropolitana. Hubo quince muertos, cincuenta y cuatro mil setecientas noventa y cinco personas damnificadas, un mil cuatrocientos veinticuatro viviendas destruidas, once mil ciento cuarenta y cinco viviendas dañadas, importantes cortes del suministro de agua potable en Santiago. Se desbordaron los ríos Mapocho, Maipo y Tinguiririca. Se produjeron destrozos en la carretera Panamericana Sur y en la vía férrea, que impidieron, por lo menos durante diez días, el tráfico hacia el sur. Decenas de pueblos y comunidades quedaron aisladas, y hubo serios daños en la agricultura.

Fueron declaradas "zona de catástrofe" dieciocho comunas de la región Metropolitana y todas las comunas de la VI y VII regiones. Una evaluación preliminar de los daños ocasionados por deterioros en agua potable y alcantarillado alcanzaban a sesenta y dos millones doscientos veinte mil pesos; a más de diez millones de pesos los daños en obras viales en las regiones afectadas, y por lo menos a más de cuatro millones de pesos los perjuicios en agricultura, viviendas y en el sector salud. Una donación del orden de los treinta mil dólares, frazadas y colchones entregó al Gobierno chileno la Oficina del Coordinador de las Naciones Unidas para Ayuda en Caso de Desastres UNDR0 para ser distribuidos en partes iguales en la VI y VII regiones, que resultaron las más deterioradas con los temporales de junio. Por su parte, la Cruz Roja, a través de cuarenta y tres entidades de las regiones damnificadas prestó servicios de socorro, atendiendo sesenta albergues y entregando alimentos, vestuario y menaje a los afectados. Caritas Chile colaboró en seiscientos treinta y tres mil novecientos diecinueve dólares y noventa centavo, para ayuda a los damnificados de Santiago, Rancagua y Talca, entregando alimentos, vestuario, medicamentos y ropa de cama, en una primera etapa: construyó setecientas setenta y una viviendas, reparó otras ochocientas veinte, entregó semillas y ayudó a reparaciones de riego de pequeños propietarios.

#### Temporales en la zona Central en 1987

Dos frentes de mal tiempo azotaron a gran parte del país en julio de 1987: el primero se inició el día 9, abarcando desde la V a X región. El segundo empezó el día 18, extendiéndose hasta la II región. Entre los daños que dejaron ambos temporales hay que destacar que quedaron cientos dieciseis mil seiscientos treinta y seis damnificados, cincuenta muertos, dieciocho heridos, se desbordaron varios ríos, entre éstos, el río Mapocho, en Santiago; los caminos se cortaron en ciento setenta y dos puntos; se destruyeron puentes, decenas de localidades quedaron aisladas; faltó energía eléctrica, en dieciocho lugares y en cuarenta y dos sectores se cortó el sistema telefónico.

Los primeros días de agosto de 1987 continuaba lloviendo entre la II y X región, sumándose, el 11 de agosto otro sistema frontal. El resultado fue de ciento setenta y tres mil cincuenta y cinco damnificados, aumentaron los daños en los caminos, puentes, localidades aisladas; cortes en los suministros de energía eléctrica, agua potable, teléfonos y obstrucción de los alcantarillados. La mayoría de los ríos se desbordaron, perjudicando a la agricultura. En el altiplano chileno, el violento temporal de lluvia y viento causó la muerte de mil camélidos y bovinos, al interior de Arica y se voló el techo de la iglesia de Parinacota.



A este problema se agregó un sismo, grado 6,8 de magnitud, en la escala de Richter, el 8 de agosto de 1987, faltando once minutos para el medio día, duró dos minutos, el epicentro se ubicó al noroeste de Arica. Ocasionó la muerte de tres personas, otras cuarenta y cuatro quedaron heridas y novecientas veintitres damnificadas en la I región. Hubo derrumbes en el Morro de Arica, en los caminos, edificios públicos dañadas, rodados en la alta cordillera y deslizamientos de tierra; quedaron aisladas las localidades de Cuesta Chaca, Quebrada Vitor y Camarones. El 13 de agosto, una fuerte réplica del sismo, que duró un minuto y medio, dejó otro muerto y cuatro heridos.

A consecuencia de los temporales, más de treinta mil personas tuvieron que llevarse a albergues transitorios, cuya atención estuvo a cargo de organismos en voluntariado y de la Cruz Roja.

La ayuda a las regiones afectadas, partió tanto del nivel gubernamental como del sector privado. Este último colaboró con más de treinta toneladas en alimentos, materiales de construcción, vestuario, ropa de cama y medicamentos. Las regiones sureñas, antes de ser azotadas por los temporales, enviaron un carro de ferrocarril con ayudas varias, principalmente materiales de construcción.

A su vez, la I y II regiones enviaron, en vuelos consecutivos, alimentos y vestuarios. Por su parte, los Cónsules Generales de Chile en Francia, Brasil, Alemania, Argentina, Norteamérica, Venezuela y Australia se hicieron presentes con medicamentos, vestuario y enseres, recolectados entre los miembros de las colonias residentes en los diferentes países.

A un total de dos mil noventa millones de pesos alcanzó el monto pagado por las diferentes compañías aseguradas, debido a los daños que provocó el temporal de julio, dio a conocer el Superintendente de Valores y Seguros. Los pagos se concentraron principalmente en la agricultura, la industria, el comercio y la minería. De la cifra señalada, informó el Superintendente, la pérdida neta para las compañías aseguradoras fue de ciento setenta millones de pesos, ya que el resto se encontraba reasegurado en compañías extranjeras. También estimó que el monto a pagar con el temporal de agosto, sería bastante similar.

#### Temporales en el Sur en julio de 1988

Un muerto, tres heridos y más de cuatro mil damnificados fue el saldo de un temporal que azotó desde Concepción hasta Puerto Montt, los últimos días de julio de 1988.

Hubo caminos deteriorados, se cortaron algunos puentes, cientos de casas se destruyeron o dañaron al desbordarse los ríos, principalmente el Andalién, que ocasionó los mayores destrozos en viviendas humildes de los sectores periféricos, en Concepción. Varias localidades pequeñas quedaron aisladas en la IX y X región.

#### Temporales del año 1990

Tres muertos, centenares de damnificados y cuantiosos daños produjo un frente de mal tiempo que el 29 de marzo de 1990 se extendió entre la zona central y sur del país.

Entre el 7 y 8 de abril del mismo año, un temporal de lluvia y viento de más de cien kilómetros por hora azotó a tres provincias de la X región. Quedaron decenas de damnificados en las poblaciones periféricas de Valdivia, Osorno y Puerto Montt, donde las viviendas se anegaron, volaron las techumbres y se destruyeron los cercos. Los caminos cortados, puentes destruidos y la intensidad de la lluvia dejó a gran parte de los poblados aislados. En Calbuco, un centenar de personas fueron trasladadas a albergues provisorios. Cochamó quedó totalmente aislada, rescatándose a los más afectados por helicóptero de la Fuerza Aérea. Sin comunicaciones terrestres quedaron Ralún, río Puelo y las construcciones de la central hidroeléctrica de Canutillar. También se cortó el camino de Ensenada a Petrohue.

Entre el 5 y 6 de mayo de 1990 se registraron vientos fríos provenientes del noroeste en la provincia de Magallanes, ocasionando lluvias y fuertes nevadas sobre los cuatrocientos metros. Luego, a contar del 18 de mayo, la zona se vio afectada por un nuevo sistema frontal, caracterizado por vientos cálidos de noroeste e intensas lluvias, lo que generó deshielos de la nieve acumulada, aumentando el caudal de los ríos que drenan hacia Punta Arenas, con los consiguientes inundaciones. Se desbordaron los ríos Las Minas, Tres Brazos, Colorado, Agua Fresca, Grande, De los Ciervos y San Juan, el estero Bitch y el canal Llau Llau. Quedaron intransitables los puentes Agua Fresca, Tres Brazos, Río Colorado y San Juan. El río Las Minas se embancó totalmente, desde avenida España hasta el mar. Más de dos mil cuatrocientas personas quedaron damnificadas, trescientas casas dañadas, dieciseis edificios deteriorados.

La mayoría de los afectados fueron trasladados a establecimientos escolares, que sirvieron de albergues provisorios. ONEMI envió ayuda por un valor cercano a los veinte millones de pesos. Tanto la Cruz Roja, como la Obra Filantrópica Adventista, la Iglesia Metodista de Chile, la Compañía de Aceros del Pacífico y otras organizaciones entregaron alimentos, medicamentos, planchas de fierro galvanizado y otros elementos de socorro que fueron

transportados en aviones de la Fuerza Aérea y en el buque Andalién Sudamericana de Vapores. Caritas Chile por su parte, levantó cincuenta casas para las familias de menores recursos. En la superación de la emergencia trabajaron personal del Ejército, de los servicios públicos y de las organizaciones voluntarias, usando maquinaria pesada para sacar las toneladas de sedimentos depositados en las calles.

El 17 de julio del mismo año 1990, alrededor de las cinco de la tarde, cayó una intensa nevada sobre Santiago, que se prolongó más de dos horas. Hubo daños en las techumbres, árboles en el suelo e interrupción en el servicio de energía eléctrica. Las poblaciones periféricas de Quilicura, Cerro Navia y Puente Alto fueron las más damnificadas.

#### Temporales e Inundaciones en 1991

Un sistema frontal comenzó el 28 de mayo de 1991, extendiéndose desde Santiago hasta la VIII región. En la capital las intensas precipitaciones provocaron el desborde del río Mapocho a la altura de Tabancura, dañando más de dos kilómetros del camino en construcción, que ampliaba la avenida Santa María hacia el oriente. La carretera Panamericana Sur se cortó a la altura del río Tinguiririca, que al desbordarse destruyó los terraplenes. Unas diez personas desaparecieron arrasadas con sus viviendas por las aguas del río Melado, al interior de Linares. El temporal provocó la crecida de la mayoría de los ríos entre la VII y VIII región, quedando más de diez mil damnificados con sus casas dañadas o destruidas, pueblos aislados y los terrenos cultivables anegados.

Los primeros días de junio el frente de mal tiempo se extendió hasta la III región. Después de tres años, llovió copiosamente en Valparaíso. Las intensas nevazones obligaron a interrumpir el tráfico de Los Andes a Mendoza. En el camino de Farellones a Santiago quedaron bloqueados decenas de vehículos. Poblaciones periféricas de Pudahuel, Conchalí, La Cisterna se inundaron en Santiago, con el consecuente traslado de sus habitantes a albergues provisorios.

Después de algunos días de calma, nuevos temporales, entre el 17 y 21 junio azotaron desde la II a la VI región. El problema más grave se produjo en Antofagasta: las desacostumbradas precipitaciones originaron un violento aluvión en la madrugada del 18 de junio; el alud de agua y lodo se desplazó a razón de treinta kilómetros por hora cubriendo todo el sector norte de la ciudad. Ochenta y una personas murieron, treinta y cinco desaparecieron, unas mil quedaron heridas, más de setenta mil fueron los damnificados, se dañaron alrededor de seis mil viviendas, de las cuales, por lo menos cuatro mil quedaron

semicubiertas por el barro, lo mismo que calles y avenidas; se deterioraron edificios públicos, los cuarteles del regimiento, casas comerciales y se cortó el suministro de agua potable durante varios días. Lo mismo sucedió en Chañaral. Tres buques cisterna de la Armada Nacional transportaron agua para beber, mientras duró la emergencia en Antofagasta y Chañaral.

Los damnificados de Antofagasta fueron ubicados en setenta y seis albergues, atendidos por la Defensa Civil, voluntariado y Cruz Roja, que también aportó elementos de abrigo y alimentos, y Caritas Chile que aportó medicamentos.

El presidente Patricio Aylwin fue a la zona siniestrada, disponiendo acciones de emergencia para favorecer urgentemente a seis mil personas, las más afectadas que habían perdido sus casas y todos sus enseres.

Los daños en Antofagasta fueron valuados en trece mil millones de pesos. Hubo solidaridad nacional e internacional para ayudar a las familias perjudicadas, entre éstos últimos cabe destacar la proporcionada por Sociedades Nacionales de Cruz Roja de varios países, con el objeto de donar viviendas a parte de las familias cuyas casas quedaron bajo el fango.

En Chuquicamata, Calama, Taltal, Copiapó y Vallenar las lluvias fueron intensas. En El Salvador y en Potrerillos las nevazón paralizó las actividades mineras. Hubo derrumbes que cortaron la carretera Panamericana Norte, aislando veinticinco localidades al interior de Ovalle, y por lo menos mil kilómetros de caminos mineros se averiaron o destruyeron. Cientos de casas se inundaron en Huasco y La Serena, desplazando los efectos de la prolongada sequía. Los damnificados, aparte de los de Antofagasta, llegaron a más de tres mil quinientas personas, entre la II y IV regiones. Entre las donaciones que se hicieron para todos estos damnificados, cabe destacar los doscientos treinta y cinco toneladas de alimentos y vestuario aportados por Caritas Chile.

En Valparaíso y Viña del Mar la lluvia con vientos huracanados y marejadas lanzaron contra el muelle Barón a la motonave Pomaire que varó en un fondo de fango y rocas. Decenas de viviendas perdieron el techo y parte de las poblaciones ubicadas en los cerros se inundaron con las riadas que bajaron por las quebradas.

#### Temporales del año 1992

Un temporal de viento y lluvia se desató en la X región, a partir del 19 de febrero de 1992, duró varios días, dejando por lo menos seiscientos damnificados, a raíz de que unas mil casas se dañaron



o destruyeron con las inundaciones. Un centenar de turistas quedaron aislados en Chaitén, los que se evacuaron en un transbordador. En la Carretera Austral, por el reblandecimiento con el agua, hubo desprendimientos de rocas de los cerros, interrumpiendo el tráfico carretero; lo mismo sucedió en el camino que une a Puerto Varas con Petrohué. Los daños en obras públicas se calcularon en veinte millones de pesos.

En mayo, varios sistemas frontales de sur a norte. El primero de éstos, comenzó el día 4, en Curanilahue, donde la intensa lluvia desbordó el río del mismo nombre, quedando unas cuatrocientas personas aisladas. El temporal se prolongó al día siguiente entre Cauquenes y Puerto Montt; los ventarrones derribaron árboles y postes de la luz eléctrica en Temuco y Valdivia; gran parte de los ríos se salieron ocasionando perjuicios en viviendas y caminos, aumentando los damnificados cinco mil.

Entre el 7 y 8 de mayo, el frente de mal tiempo se extendió hasta Santiago y Valparaíso, donde se produjeron las acostumbradas inundaciones de las poblaciones periféricas en la capital, y la destrucción de casas por el agua que bajó en las quebradas en el Puerto.

Entre el 17 y 27 de mayo, otro temporal dañó las principales calles y avenidas en Santiago; en Parral pereció un menor; en Cauquenes se desbordó el tranque Tutuven.

Desde los últimos días de mayo hasta los primeros diez días de junio, el temporal se extendió entre Puerto Montt y Arica. Derrumbes diversos provocaron cortes en los caminos, en las rutas secundarias y en la vía férrea. Los daños que ya existían se agravaron. En Santiago los afectados llegaron a trece mil personas; el ventarrón derribó árboles y postes sobre las casas. Ciento cincuenta mineros quedaron aislados en Los Pelambres; otras cuarenta y ocho personas en el paso Los Libertadores; treinta y nueve niños en Lagunillas y otros cuarenta mineros el interior de Salamanca; todas estas personas fueron rescatadas por helicópteros.

En Concepción se anegaron viviendas de poblaciones periféricas; un menor murió electrocutado, al caerse parte del tendido eléctrico. En Cauquenes, los principales destrozos los sufrió la agricultura. En Temuco se desbordó el río Cautín, y en Puerto Montt los ventarrones derribaron árboles y volaron techumbres. Hacia el norte, quinientos mineros quedaron aislados al interior de la III región. Se cortó el camino entre Antofagasta y Tocopilla, y el que une al mineral El Salvador con la carretera Panamericana Norte. en Arica, la lluvia sólo causó alarma en la población.

De acuerdo a los antecedentes proporcionados por ONEMI, a mediados de junio los damnificados sumaban veintisiete mil quinientas cincuenta y una persona. La ayuda de emergencia fue proporcionada por las respectivas autoridades regionales, con el apoyo de los Comités de Emergencia, Cruz Roja, Bomberos y Caritas Chile que construyó cuarenta casas para los damnificados santiaguinos.

#### 1.- ANTECEDENTES GENERALES

Los primeros días de julio, once personas resultaron damnificados a raíz de intensas lluvias y vientos, que duraron un día, en Antofagasta; el fenómeno destruyó viviendas y provocó la interrupción de suministro eléctrico. En Parinacota, el frente de mal tiempo, que se desplazó desde el sur, hizo bajar la temperatura a diez grados bajo cero. En los mismos días, desacostumbradas nevazones en Magallanes ocasionaron temperaturas de dieciocho grados bajo cero en Punta Arenas.

Entre el 13 y 14 de octubre intensas nevazones afectaron gran parte de la XI región; la nieve alcanzó cuarenta centímetros de altura de Coihaique, cubrió también las localidades de Cochrane con veinte centímetros; Chile Chico con diez y las Villas O'Higgins y Balmaceda. En Coihaique la nieve provocó cortes en el suministro de energía eléctrica; los aeródromos de esta ciudad y de Balmaceda quedaron inoperables. En Chiloé, el temporal fue con viento, lluvia y granizos. El fenómeno inusual en este mes preocupó al sector agrícola y ganadero, ya que el mes de octubre es la época de las empastadas y pariciones de ovinos y bovinos; también se dañaron las siembras de papas, trigo, avena y hortalizas de unos seis mil pequeños agricultores de Chiloé, amén de la destrucción de centenares de caminos transversales y vecinales en toda la XI región.

#####



## ANTECEDENTES SOBRE CORRIENTES DE DETRITOS EN CHILE.

Preparado por Luis Ayala Riquelme  
Departamento de Ingeniería Civil, Universidad de Chile

### 1.- ANTECEDENTES GENERALES.

Aparte de la información que se ha obtenido recientemente con ocasión de las corrientes que afectaron la zona central el 3 de Mayo de 1993 y ciudad de Antofagasta y zonas vecinas el 18 de Junio de 1991, existen algunos antecedentes proporcionados por diversos estudios de carácter fundamentalmente geológico que resulta interesante dejar consignados en el presente informe. Entre ellos destacan los trabajos de Segerstrom (1965), Golubev (1973) y Abele (1984).

Segerstrom (1965), analiza el origen de los depósitos del Cuaternario que rellenan los valles y cubren los interfluvios de la zona árida y desértica de la hoya del río Copiapó, III Región de Atacama.

Su análisis abarca la gran variedad de movimientos en masa que se aprecian en esta zona, que van desde los flujos de tierra y glaciares de roca en la cabecera de la hoya, hasta las corrientes de barro y deslizamientos detríticos en la zona inferior de la cuenca. En relación a las corrientes de barro, distingue tres tipos que son reconocibles dependiendo de la intensidad de tormentas de corta duración que las producen o del medio en que se desarrollan:

- 1) Corrientes que recubren los valles
- 2) Corrientes generadoras de abanicos aluviales
- 3) Corrientes líquidas en depósitos de arenas eólicas

Las corrientes que recubren los valles están asociadas a masas líquido-sólidas, de relativamente baja viscosidad, que escurren cuando la lluvia origina suficiente escorrentía para saturarlas y facilitar su desplazamiento gravitacional, sin que se produzca flujo líquido. El material constituyente de estas corrientes de barro abarca desde limos hasta gravilla. Por su parte, las corrientes que forman abanicos resultan de la confluencia y superposición de numerosos hilillos de lodo que van escurriendo a través de los años desde las laderas, desembocando en un tributario que descarga en el valle, durante lluvias cortas. Señala como ejemplo, el caso de la quebrada Cerrillos.

Finalmente, los flujos líquidos que se originan por lluvias intensas, muy ocasionales, generan corrientes de lodo que arrastran principalmente arenas depositadas por el viento en laderas y hondonadas, como lo apreció el autor en la ladera norte del cerro Bramador.

El tema de las avalanchas y corrientes de barro en Chile es abordado y descrito a partir de sus características principales por Golubev (1973). Señala que si bien estos fenómenos figuran entre los más destructivos, y a pesar de las víctimas y daños que causan, no existen a la fecha de realizado el trabajo, estudios especiales al respecto. En relación a las corrientes de barro, divide y zonifica el territorio en regiones homogéneas para la formación de ellas, atendiendo a indicadores tales como la cantidad de corrientes de barro por unidad de superficie o su frecuencia estimada para algunos barrancos específicos.

En la II Región, desde Taltal o Tocopilla define una franja costera que corresponde a una región con "avalanchas y corrientes de barro probables".

Señala para la Cordillera de la Costa, entre los 20 y 27° de Latitud Sur: "Este sector tiene un clima tropical desértico, relieve regularmente desmembrado, ausencia de escurrimiento superficial y vegetación. La importancia de las acumulaciones detríticas y la inclinación de las pendientes occidentales de la Cordillera de la Costa, hacen suponer una alta posibilidad de corrientes de barro. Pero la ausencia de lluvias intensas inhibe totalmente este peligro.

Recordemos, sin embargo, que justamente debajo de laderas potencialmente peligrosas, están los principales puertos del Norte Grande, como Antofagasta, Iquique, Tocopilla, etc."

Los fenómenos relacionados con el movimiento en masa de sedimentos producidos en los Andes Chilenos, también analizados desde un punto de vista geológico son presentados por Abele (1984). El trabajo abarca los aspectos más básicos que tienen que ver con el origen y génesis de los derrumbes de montañas y morrenas, poniendo énfasis en las características que permiten distinguirlos.

En cuanto a los aspectos hidrometeorológicos e hidráulicos de las corrientes de detritos y barro, existe relativamente escasa información en nuestro país y por lo mismo el tema en lo que toca a estos aspectos es prácticamente desconocido.

## 2. EL ALUVION DEL COLORADO DE 1987.

Con ocasión del aluvión (corriente de barro) ocurrida el 29 de Noviembre de 1987 en la hoya superior del río Colorado, se reunió y analizó alguna información relacionada con los aspectos hidrológicos e hidráulicos del fenómeno (AC Ingenieros Consultores, 1988). La corriente de detritos con carácter de catastrófica (sturztrom) se originó en la cabecera de la cuenca del estero Parraguirre, afluente del río Colorado, en un sector localizado a una cota cercana a los 4.700 msnm y a unos 30 km de la zona denominada El Alfalfal. El fenómeno fue provocado por un violento deslizamiento de la ladera oriental del estero Parraguirre, en una zona que presenta un desnivel con el cauce del estero antes mencionado, de aproximadamente 1200 m.

Se presume que el fenómeno tuvo su causa primera en el aumento inusual del contenido de agua y presión de poros de una masa rocosa, altamente meteorizada y fracturada, debido a un rápido proceso de deshielo originado por las altas temperaturas del aire que se dieron en este período y/o a la excepcional acumulación de nieve del año 1987 que fue la segunda más importante de los últimos 50 años (Peña y Klohn, 1990). En efecto, la isoterma 0°C se situó en los días próximos a la ocurrencia de la corriente de barro, alrededor de la cota 5.100 msnm lo cual contrasta marcadamente con su ubicación normal de verano que es inferior a los 4.200 msnm.

La corriente se habría generado al impactar violentamente el piso del valle, la masa desprendida de la ladera, y licuar y pulverizar la nieve y detritos. Esta masa habría ido incorporando en su recorrido, cantidades adicionales de agua y sedimentos. Según los antecedentes disponibles, los primeros 14 km del recorrido se desarrollaron en el estrecho valle del Parraguirre, con una pendiente del 7%, como una corriente de unos 10.000 mt<sup>3</sup>/s y velocidades mayores a 15 m/s. Al incorporarse en este tramo abundante agua y material fino, el flujo se habría transformado hacia aguas abajo en hiperconcentrado. En la confluencia con el Colorado, la granulometría de los depósitos presentó un 50% de grava, 20% de arena y 30% de limos y arcilla.

La corriente se habría manifestado en el curso medio del río Colorado como dos ondas sucesivas, siendo la segunda, la mayor y más destructiva. Las alturas que alcanzó el flujo fueron cercanas a 30 m en el tramo superior donde el cauce del río está más encajonado y las velocidades de 8 a 10 m/s.

La concentración del flujo habría sido del orden del 60% en volumen, considerando un caudal peak posiblemente superior a 2.000 mt<sup>3</sup>/s y un volumen de agua de unos 24 millones de mt<sup>3</sup>.

### 3. LAS INUNDACIONES DE AGUA Y BARRO DE PUNTA ARENAS DE 1990.

#### a) Antecedentes Generales

La ciudad de Punta Arenas ha sido afectada desde sus inicios por las crecidas del Río Las Minas, uniéndose en el último tiempo, debido a la expansión urbana de ésta hacia el norte, también aquellas del estero Llau-Llau.

El río Las Minas desemboca en el estrecho de Magallanes, después de atravesar la ciudad de oeste a este en sus últimos 3 kilómetros de recorrido. Debido a los frecuentes problemas de inundación que se presentan en las zonas urbanas, en el año 1950 se construyó una canalización que permitió controlar el paso del agua por la ciudad, pero ella ha resultado ser insuficiente frente al alto volumen de sedimentos que transporta el río y que se depositan en su tramo inferior durante crecidas.

Se intentó dar solución a este problema mediante la construcción, en la parte alta de la cuenca, de obras interceptoras del sedimento arrastrado. Estas obras operaron durante un período de aproximadamente 10 a 12 años, con relativa eficacia. Sin embargo, durante la ocurrencia de la crecida del 6 al 11 de Mayo de 1990, éstas colapsaron provocando un agravamiento de la situación, debido a que se sumó al volumen de agua producido normalmente en la cuenca, el retenido en estas obras.

Lo anterior se tradujo en un embancamiento generalizado del cauce a través de Punta Arenas, provocando desbordes de agua y lodo hacia los sectores vecinos, esencialmente la zona urbana de la ciudad, con desastrosas consecuencias.

#### b) Origen y Características del Fenómeno

La cuenca del río Las Minas hasta su desembocadura en el estrecho de Magallanes tiene un área de 58,2 km<sup>2</sup>, con una altitud máxima en su divisoria de las aguas de 620 m.s.n.m.

Las crecidas de mayor magnitud son de origen netamente pluvial estando asociadas con tormentas cuya temperatura en Punta Arenas es del orden de 4 a 5°C en el período Mayo-Septiembre y de alrededor de 10°C en el período Octubre-Abril, lo que determina que la cuenca pluvial aportante sea el total de su área.



La crecida de Mayo de 1990, causante de las últimas inundaciones de la ciudad, alcanzó un caudal peak, de agua y lodo, del orden de 130 m<sup>3</sup>/s el día 10/05/90 a las 6:00 AM en la estación fluviométrica ubicada aguas arriba de la bocatoma de ESMAG. Dicho valor, descontando un 10 a 20% del total por efecto del lodo, corresponde a una crecida con período de retorno de 100 a 200 años.

Al respecto, es importante señalar que el colapso que experimentaron durante la crecida los 13 diques construidos en la cabecera del río por CONAF (entre el km 7 y 12 a partir de la desembocadura), significó el aporte de una considerable cantidad de sedimento hacia aguas abajo, siendo necesario remover del orden de 90.000 m<sup>3</sup> de material en el sector canalizado del río después de la crecida.

La cuenca se encuentra frente a un proceso de evolución en su morfología, asociada fundamental a las zonas media y altas del valle, originando procesos erosivos y de remoción en masa bastante activos y dinámicos, lo que se traduce en el aporte de considerables cantidades de sedimento al río.

Los procesos erosivos de tipo masivo, se originan en las laderas adyacentes al cauce, en todo el tramo media del valle, zona donde se encuentran las gargantas más abruptas y profundas del cauce. Este tipo de remoción se puede producir asociado con movimientos en golpe de cuchara a basculamiento, y además como desgarramientos en laderas.

Los movimientos en báscula se caracterizan por el hundimiento del terreno y un movimiento en golpe de cuchara de todo el macizo, generando la remoción de laderas completas y contribuyendo con la fracción más importante, al material que es transportado hacia la parte baja del cauce.

El otro tipo de remoción en masa que ocurre en el valle, pero de menor envergadura que el anterior, son los desgarramientos que se producen en forma de un deslizamiento aislado o de varios desprendimientos consecutivos que actúan sólo sobre parte de las laderas.

Estos procesos de deslizamiento, están íntimamente ligados a la formación geológica existente en la zona, ya que éstos se producen en el miembro superior de la Formación Loreto, constituida, por alternancia de bancos de arenisca, arcillolita carbonosas y limolitas algo arenosas.



Otro proceso erosivo característico del sistema es el asociado a la dinámica fluvial del cauce, producto fundamentalmente de la incisión del talweg en el valle. Ella se origina en un proceso de socavación vertical en forma regresiva, en busca de un nuevo perfil de equilibrio natural entre todos los puntos de la red hidrográfica, produciendo desprendimiento en los taludes abruptos y deslizamientos.

#### c) Daños Ocasionados por la Inundación de Mayo de 1990

Luego de ocurrida la crecida, la Secretaría Regional de Planificación y Coordinación solicitó a las Direcciones Regionales la evaluación de los daños que había provocado dicho fenómeno. Según la información proporcionado el monto total de los daños alcanzó a \$ 1.620 millones.

Por otra parte, en forma posterior a esta evaluación se debió realizar la limpieza del cauce del río Las Minas en el radio urbano, con el fin de retirar todo el material sedimentado en la canalización. Los volúmenes de material removido y valor de la faena fueron respectivamente, 56.000 m<sup>3</sup> y \$ 49 millones.

También posteriormente a la primera evaluación técnica del Servicio de Vivienda y Urbanismo se cuantificaron los costos de reposición de calles y aceras dañadas por la inundación, los que ascendieron a la suma de \$23.000.000.

Finalmente, a raíz de la crecida, ESMAG se vió en la necesidad de evaluar dos nuevos proyectos para sus atravesios de las tuberías del Barrio Industrial y la aducción Santos Mardones, los que en total representan un valor de \$1.905.000.000.

#### c) Obras de Defensas y Mejoramiento del Cauce.

De acuerdo con el estudio de diagnóstico efectuado para el Ministerio de Obras Públicas (AC Ingenieros Consultores, 1990), en el río Las Minas resulta necesario proyectar y construir un conjunto numeroso de obras para dar la seguridad mínima a la ciudad de Punta Arenas frente a la ocurrencia de crecidas de mayor magnitud y de avalanchas de lodo producidas por las remociones masivas de material desde la zona alta de la cuenca, como la sucedida de Mayo de 1990.

Estas obras incluyen la construcción de diques retardadores de sedimento en la zona de cabecera del cauce (5 km) encauzamientos del río en la zona media (3 km), mejoramiento de la canalización existente (2 km) y reemplazo de algunos puentes.

El monto total de las inversiones para ejecutar estas obras ha sido estimado en alrededor de \$ 2.000.000.000 a Octubre de 1990, con una inversión de primera prioridad (inmediata) cercana al 50% de dicho monto.

Según la propagación definida por el Ministerio de Obras Públicas, durante el año 1991 deben quedar elaborados los proyectos de estas obras para proceder a su materialización a partir del próximo año.

#### 4. EL ALUVION DE ANTOFAGASTA DE 1991 (Departamento de Ingeniería Civil, U de Chile, 1993).

##### a) Introducción.

La ciudad de Antofagasta se ubica sobre la planicie costera, en una zona relativamente estrecha que se expande hacia Mejillones y cuyo margen oriental limita con la cordillera de La Costa, la cual presenta aquí fuertes pendientes y grandes alturas.

En este sector, la planicie litoral es un plano inclinado de breve desarrollo que se extiende entre el nivel del mar y la cota 200 m.s.n.m. con un ancho promedio del orden de los 2,5 km. De acuerdo con su pendiente puede ser clasificada en tres sectores de mar a cordillera (Van Sint Jan et al. 1992):

- i) Desde el nivel del mar hasta los 25 m.s.n.m. (pendiente ~4%)
- ii) Desde los 25 m.s.n.m. hasta los 100 m.s.n.m. (pendiente ~9%)
- iii) Desde los 100 m.s.n.m. hasta los 200 m.s.n.m. (pendiente ~17% a 18%)

El farellón costero presenta pendientes que en general son superiores a los 45°.

Este marco geográfico ha conducido a un desarrollo longitudinal de la ciudad, como resultado de lo cual son numerosas las quebradas que desembocan a lo largo de su extensión.

La aridez que presentan las cuencas y quebradas de la zona se traduce en una ausencia casi absoluta de vegetación que retenga u obstaculice el escurrimiento del agua y su capacidad para erosionar los suelos.

A lo anterior se agrega las fuertes pendientes que poseen las quebradas. Estas condiciones son favorables para la generación de fenómenos de movimiento en masa, que pueden ser gatillados por lluvias intensas. Prueba de ello es la estructura geológica sobre la cual se encuentra cimentada Antofagasta, conformada en su gran mayoría por depósitos aluvionales que cubren la roca ígnea basal.

#### b) Antecedentes Históricos sobre Aluviones en la II Región.

La ocurrencia de corrientes de detritos en la II Región durante el presente siglo, ha quedado registrada a través de las crónicas periodísticas de la época. Esta información ha sido consignada por Araya (1992), Karzulovic et al. (1991) y Skorin Ingenieros (1991). En base a los antecedentes de estos estudios se hace a continuación una breve descripción de las tormentas más importantes, anteriores al 18 de junio de 1991, que han afectado la zona y que han producido algún tipo de movimiento en masa.

El 19 de Agosto de 1930 se produjo una "violentísima lluvia" que azotó la ciudad de Antofagasta registrándose una precipitación de 27,1 mm con una duración aproximada de 4,5 horas. Numerosas casas quedaron completamente inundadas y se produjo un "aluvión" causado por la presencia del temporal del ferrocarril que circula por la parte alta de la ciudad, el cual actuó a modo de "dique".

El 24 de Junio de 1940 se produjo una tormenta que afectó principalmente a las ciudades de Antofagasta y Tocopilla, siendo esta última la más afectada. Las precipitaciones alcanzaron 17 mm con una duración aproximada de 6 a 8 horas. En Antofagasta no se registraron mayores desgracias ni aluviones. Sólo la línea férrea sufrió cortes a causa de "aluviones". En Tocopilla, sin embargo, la situación fue grave. Se produjeron "avalanchas" por las quebradas El Salto y La Beneficiadora que arrasaron las viviendas a su paso.

Como consecuencia de ello, 45 personas resultaron muertas, y no menos de 30 heridos. Los registros de la época consignan que una roca de 4 toneladas fue arrastrada una distancia de varios kilómetros.

El 23 de Mayo de 1982 se produjeron numerosos aluviones en las diversas quebradas del sector sur de la ciudad que cortaron en varias partes el camino a Coloso. En el sector de la quebrada El Huáscar, numerosas viviendas fueron inundadas hasta el nivel del antepecho de ventanas. Skorin Ingenieros (1991) señala que en dicha zona se estimó una magnitud de lluvia de 20 mm, siendo 5,5 mm, el máximo valor registrado en las estaciones de la ciudad. Se consigna una duración de 2 horas este evento.

El 7 de junio de 1984 se produjo un "aluvión" en Antofagasta proveniente de una cuenca superior el cual atravesó el poblado Baquedano llegando hasta la parte baja de Mantos Blancos.

El 28 de julio de 1987 la ciudad de Antofagasta estuvo expuesta a una precipitación que alcanzó los 22,8 mm (Universidad del Norte) durante un período de aproximadamente 8 horas. Se produjeron numerosos cortes en la vía férrea. En la quebrada La Negra se estimó que escurrieron más de 200.000 m<sup>3</sup> de agua y que el caudal máximo alcanzó los 16 m<sup>3</sup>/s (esta información proviene del informe de Skorin Ingenieros, no consignándose su origen).

En el informe de Araya (1992), se presenta un análisis más detallado sobre el aluvión de junio de 1940 que afectó a Tocopilla. Mediante el uso de la fórmula racional y suponiendo un coeficiente de escorrentía de 0.5, se hace una estimación de los caudales de escorrentía y de barro, para lo cual se supone una composición de 81% de agua y 19% de sólido (relación estimada a partir del volumen de escorrentía y del volumen de sólido removido de la ciudad).

#### c) Características del Fenómeno del 18/06/91

Covarrubias et al. (1991) describen los acontecimientos acaecidos como sigue "Durante la madrugada del día martes 18 de junio entre las 00:30 y las 3:30 hrs, la ciudad de Antofagasta se vio afectada por un temporal de lluvia y viento que alcanzó magnitudes de intensidad variable en el transcurso de dichas horas. Ráfagas de viento entre 45 y 55 km/hr, registradas a las 00:45 y 01:30 hrs, fueron los momentos más álgidos y violentos de este fenómeno climático".

Posteriormente describen la evolución de las precipitaciones durante la tormenta. Los autores señalan que cerca de las 00:00 hr la lluvia se manifestó como una simple neblina, a las 00:30 hr se transformó una garúa, en tanto que a las 01:00 hr, se había convertido en una lluvia registrándose 0,5 mm de agua caída. Para las 02:00 hrs las precipitaciones alcanzaban los 5 mm. Torrentes de agua y barro inundaban la ciudad y los primeros "aluviones" ya se habían manifestado. Aproximadamente a las 03:00 hrs, la lluvia tuvo un nuevo cambio de intensidad cesando cerca de las 03:30 hrs.

De acuerdo a lo expuesto por estos autores, el temporal fue el resultado de la presencia de un sistema frontal desarrollado por una masa de aire polar, más el efecto acumulativo de una corriente de "chorro de alturas", que se incorporó al fenómeno anterior.



Por otra parte, la presencia de un viento tibio que sopló en dirección Norte - Sur, terminó por destruir la capa de inversión térmica, característica de la zona costera, lo cual permitió el ascenso de las masas de aire a niveles más altos, generándose nubes con un mayor desarrollo vertical, con lo que se incrementó su capacidad para producir precipitaciones.

En la zona se dispone de información pluviométrica correspondiente a las estaciones de la Universidad Católica del Norte (U.C.N), Cerro Moreno, Barrio Industrial (DGA) y Portezuelo aunque ésta última dejó de funcionar en 1968. No se cuenta con datos de pluviógrafos, lo que ha obligado a los diversos autores a estimar las intensidades de lluvia en forma aproximada en cada estación.

En relación a las precipitaciones observadas durante la tormenta (42 mm en la U.C.N, 14 mm en Cerro Moreno y 17 mm en la DGA), ellas presentaron diferencias que a juicio de Karzulovic et al. (1991), son producto de un error de medición. Sin embargo, Covarrubias et al. (1991) las atribuyen a un efecto de tipo orográfico, indicando que mientras Cerro Moreno se ubica en una planicie extensa, protegida hacia el poniente por los cerros del extremo sur de la península de Mejillones, y con una cordillera de La Costa con alturas máximas de 500 m.s.n.m, la estación UCN se localiza en plena ciudad donde la planicie es estrecha y la cordillera de La Costa presenta altura de 700 a 800 m.s.n.m. Sin embargo, el efecto orográfico, señalado por Covarrubias et al., no es capaz de explicar las diferencias detectadas entre pluviómetros de la DGA y la UCN, ambos ubicados en un entorno geográfico similar. Por otra parte, en el informe de Skorin Ingenieros (1991), la precipitación observada en la UCN fue contrastada con el agua acumulada en una piscina del sector, obteniéndose valores similares.

Tanto en el informe de Skorin Ingenieros (1991) como en el de Van Sint Jan et al. (1992), se determinó una precipitación efectiva considerando el efecto del viento, aunque por diferentes métodos. Ambos obtienen sin embargo, resultados similares, llegando a que la precipitación real en la UCN fue de 58 mm y de 54,6 mm, respectivamente.

La mayoría de las quebradas que Antofagasta interceptó, descargaron abundante material sólido en las principales avenidas de la ciudad. Las estimaciones hechas por Skorin Ingenieros (1991) y Karzulovic et al.(1991) sitúan este valor en unos 400.000 m<sup>3</sup> de material removido de las calles. Esta cifra según el segundo estudio, se elevaría hasta unos 700.000 m<sup>3</sup>, al considerar el material que sedimentó en los sitios eriazos y otras áreas no viales. En base a estos antecedentes se estimó la concentración media de los aluviones, expresada como la razón entre el volumen de sólido y el volumen de escorrentía.



En el estudio de Skorin Ingenieros, también se determina la concentración de sólidos, pero en sus cálculos se utiliza el volumen total de agua caída, no siendo considerada la infiltración.

Covarrubias et al. (1991) y Araya (1992) hacen una descripción visual del material aluvional, destacando que su composición es principalmente a base de material fino (ceniza volcánica), y que sólo en forma esporádica se observó la presencia de gravas y gravillas. Bolones y material grueso sólo se observaron en las quebradas Baquedano, La Chimba, Salar del Carmen y El Ancla; sin embargo, se estima que éstos provenían de ripieras existentes en el lugar. Otra excepción la constituye la quebrada La Negra, a la altura de las vertientes, donde se observó material grueso y bloques, posiblemente proveniente de obras de mampostería.

Por otra parte, Van Sint Jan et al. (1992) estimaron que el material grueso que el aluvión arrastró inicialmente, sedimentó al alcanzar la salida de la zona montañosa, donde las pendientes son menores.

Karzulovic et al. (1991) califican este aluvión como atípico, principalmente por su composición a base de materiales finos, pues en general según ellos estos se caracterizan por transportar enormes bloques y muchos bolones. Además señalan que la razón entre el volumen de agua y el de sólidos fue alta (3:2) en contraste con lo observado en los aluviones clásicos (1:3 a 1:4). Por último se hace notar que el rango de velocidad de avance estuvo entre los 15 y 30 km/hr, mientras que los aluviones típicos suelen moverse a velocidades que fluctúan entre los 40 y 120 km/hr. En este informe no se explica qué se entiende por "aluviones clásicos" o "típicos".

Dada la gravedad de los sucesos ocurridos el 18 de junio de 1991, todos los autores presentan información, con mayor o menor grado de detalle, sobre las pérdidas de vidas humanas y perjuicios materiales que ocasionaron las corrientes de barro que afectaron la ciudad de Antofagasta.

Los datos consignados en el informe de Van Sint Jan (1992), indican que hubo 101 víctimas fatales, 4.737 viviendas dañadas (402 completamente destruidas), afectando a más de 21.000 personas.

En el informe de Karzulovic et al. (1991), se presenta una tabla con las diferentes quebradas donde se produjeron las corrientes. En ella se indican los perjuicios y daños calificándolos como: "muy importantes", "importantes", "menores" y "sin consecuencia", pero no se explica mayormente la naturaleza de ellos.

Un análisis más detallado lo realizan Covarrubias et al. (1991), quienes describen los perjuicios provocados en las principales quebradas.

Covarrubias et al. (1991) además analizan el efecto que tuvo la rotura de matrices de agua potable. A su juicio en la quebrada Baquedano este hecho tuvo graves consecuencias, pues se produjeron nuevos deslizamientos de tierra. Sin embargo, los autores concluyen, que en términos del caudal, el aporte de agua producto de la rotura de las tuberías fue despreciable.

En el informe de Van Sint Jan et al. (1992) se hace también una detallada descripción de los daños que se produjeron en cada quebrada. Según estiman los autores, los mayores daños fueron producidos en las quebradas Salar del Carmen y La Cadena.

## 5. LOS ALUVIONES DE LA ZONA CENTRAL OCURRIDOS EN MAYO DE 1993.

### a) Situación Sinóptica

La situación meteorológica en la zona central del país durante los días 2 y 3 de Mayo de 1993 estuvo asociada a la presencia de una banda frontal cálida generada por la reactivación de la banda de inestabilidad post-frontal de un sistema frío que ya se había desplazado al Este de la costa Atlántica del Cono Sur.

La banda frontal que provocó las precipitaciones, tuvo características muy particulares y no obedece al patrón estándar de los sistemas frontales que predominan en esta zona del país en esta época del año. En efecto, ella tomó primero un desplazamiento horizontal de Oeste a Este el que luego se modificó por efectos orográficos del continente, adquiriendo la dirección Norte-Sur debido al debilitamiento y desplazamiento de los sistemas anticiclónicos hacia el Nor-Oeste así como a la posición de los sistemas migratorios del extremo Sur. Sus características cálidas extraordinarias se vieron reflejadas en un ascenso notorio de la isoterma 0°C que en la zona central superó los 4.000 m.s.n.m. entre las 20 hrs del día 1 y las 20 hrs del día 2 de Mayo, descendiendo luego a más de 3.800 m.s.n.m. el día 3 a las 8 de la mañana. El promedio del mes de Mayo, se ubica cerca de los 3.350 m.s.n.m.

Las características cálidas del sistema dieron origen a una precipitación convectiva que se manifestó en chubascos de alta intensidad, favorecida por el relieve de la cordillera.

## b) Caracterización Regional de las Precipitaciones

A nivel regional, el monto de las precipitaciones registradas entre el 1° de Enero y el 30 de Abril del año 1993 en diversas estaciones ubicadas en la zona comprendida entre los ríos Aconcagua y Rapel, son predominantemente superiores a los promedios históricos calculados entre 1960 y 1990 en esas mismas estaciones.

Los excesos se concentran en las cuencas de los ríos Aconcagua y Maipo, superando un 200% de superavit. En cambio, en la cuenca del río Rapel los excesos son inferiores fluctuando entre el 30 y 200%. En Rancagua que es la única estación con información ubicada a una latitud similar a la de la zona de estudio, el superavit alcanza al 189%, en tanto en El Yeso, que es la única estación comparable en altitud al área de Coya Alto, el superavit es de 246%.

Se concluye de lo anteriormente expuesto, que las condiciones antecedentes al temporal del 2 y 3 de Mayo de 1993 en la zona central del país, se caracterizaron por un significativo superavit de precipitaciones en relación al período de 30 años precedente hasta 1990. En la cuenca del río Coya este superavit puede ser estimado en alrededor del 70% sobre el promedio.

En relación a las precipitaciones de los dos días del temporal, la información reunida demuestra que prácticamente en todas las estaciones cayó lluvia, salvo en La Disputada (3540 m.s.n.m.) en que se informó agua-nieve en ciertos intervalos de tiempo.

El mapa de isoyetas del evento, muestra que las precipitaciones de mayor magnitud ocurrieron en las cuencas de los ríos Coya y Cachapoal, experimentando una disminución paulatina hacia el Norte y un descenso más significativo hacia la zona costera.

## c) Línea de Nieves

Los antecedentes sobre las temperaturas medias del aire el día 3 de Mayo, muestran que en los distintos puntos de la zona central ellas estuvieron comprendidas entre los 6.4°C y los 9.2°C para alturas de 2475 m.s.n.m. (El Yeso) y 2.000 m.s.n.m. (Sewell), respectivamente. Por su parte, el radiosondeo de Quinteros mostró que el día 2 de Mayo la Isoterma 0°C se ubicó a los 4029 m.s.n.m. y a los 3861 m.s.n.m. el día siguiente a la misma hora.

En la zona andina la línea de nieves fluctuó el día 3 de Mayo entre los 3350 m.s.n.m. y los 3450 m.s.n.m.

### c) Antecedentes Hidrológicos e Hidráulicos

Se dispone de evaluaciones hidrológicas-hidráulicas en las hoyas alta del río Coya, afluente al Cachapoal en la VI Región y en la quebrada Macul en Santiago.

Las características del fenómeno observado en la zona andina de la VI Región son sólo comparables al aluvión ocurrido el día 28/05/91, no existiendo antecedentes de eventos similares durante por lo menos los últimos 60 años.

En esta zona, el aluvión ocurrió entre aproximadamente las 9 y 13 horas del día 3 de Mayo, después de un temporal de lluvia que se inició el día 2 de Mayo precipitando un total de 30,9 mm, de los cuales el 84% cayó entre los 20 y 24 horas de ese día. El día 3 la lluvia alcanzó un valor de 93.5 mm, concentrándose el 67% de ella entre las 8 y 13 horas de ese día.

Los caudales totales máximos han sido estimados en alrededor de 110 m<sup>3</sup>/s en la junta de los ríos Coya y Teniente, con una concentración volumétrica de sólidos de alrededor del 16%. El volumen total de sedimentos depositados alcanzó en este sector alrededor de 450.000 m<sup>3</sup>, de los cuales el 49% se depositó en el río Coya, el 46% en el sector de La Junta, y el 5% restante en el río Teniente.

En la quebrada Macul, el caudal máximo de la corriente de detritos del 3 de Mayo de 1993, habría alcanzado unos 80 m<sup>3</sup>/s con una concentración volumétrica de sólidos del orden de un 38%. El volumen de material sólido depositado se ha estimado en unos 840.000 m<sup>3</sup>.

#####