

"Documento original en mal estado"

RIESGO Y VULNERABILIDAD EN RELACION
A SISMIOS E INUNDACIONES

RIESGO Y VULNERABILIDAD EN RELACION A SISMOS

Chile es un país con gran actividad sísmica como consecuencia de su proximidad a la zona de contacto entre dos placas tectónicas del sistema tectónico global. Frente a la costa chilena la placa de Nazca se sumerge bajo la placa Sudamericana. Esta zona de subducción concentra una gran actividad sísmica y da origen al volcanismo superficial cordillerano, haciendo que nuestro territorio nacional sea una de las regiones más activas del mundo.

La actividad sísmica asociada a la subducción ocurre desde el límite norte del país hasta la latitud 45 grados sur. Cabe destacar que la tectónica cambia hacia el sur, existiendo sistemas de fallas, en especial en la zona de Magallanes, las que han dado origen a actividad sísmica importante, con daños en la ciudad de Punta Arenas, en los años 1879 y 1949.

Los grandes terremotos con epicentro en la corteza marina pueden originar Tsunamis, que en ocasiones son tanto o más destructores que el terremoto mismo.

En el anexo 1 se presenta una lista de los grandes terremotos y tsunamis asociados, que han ocurrido en Chile desde épocas históricas (colonización española) hasta la fecha.

Basado en los antecedentes históricos y recientes, prácticamente todo el territorio nacional tiene riesgo de ocurrencia de un evento sísmico importante, en algún momento futuro, con el posible riesgo de un tsunami asociado.

La figura 1 muestra las zonas afectadas por los grandes terremotos históricos. De acuerdo a las teorías geofísicas de brechas o huecos sísmicos, los espacios existentes en la figura deberían tender a llenarse con la ocurrencia de sismos que afecten esas zonas y deberían repetirse los grandes eventos del pasado en las mismas zonas en que ocurrieron, de acuerdo a los períodos de retorno característicos propios de cada una de estas regiones.

Según estos antecedentes y la sismicidad de cada región, las zonas con mayor potencial sísmico a corto plazo serían el norte de Chile, donde el último terremoto importante, con un gran tsunami destructor asociado, ocurrió en 1877 y la zona costera entre las localidades de Matanzas y Constitución, que corresponde a la zona sur del sismo de Marzo de 1985, la cual ha estado relativamente inactiva, desde el terremoto de Talca de 1928.

Se han realizado algunos estudios en la Universidad de Chile sobre Macroregionalización sísmica, que dividen al país en diferentes regiones de acuerdo a su comportamiento sísmico, tanto histórico como observado instrumentalmente en las zonas con cobertura de equipos adecuados.

En la figura 2 se presenta la regionalización obtenida por Barrientos (1980), que indica diferentes regiones para el país con características sísmicas diferentes. Los números entre paréntesis indican la magnitud máxima de los sismos que pueden ocurrir en esa región.

Dado que la gran mayoría de las ciudades del país tienen un riesgo sísmico y de posibilidad de ser afectadas por tsunamis las localizadas en la costa, es de extrema importancia el desarrollar redes de instrumentos que permitan tanto el estudio de estos riesgos potenciales para un mejor diseño sismoresistente de las estructuras y obras humanas, como el alertar e informar a los organismos gubernamentales pertinentes con el fin de planificar a corto, mediano y largo plazo sobre estos riesgos a que están expuestas la población y las infraestructuras asociadas.

En materia de Tsunamis, es el Instituto Hidrográfico de la Armada de Chile quien tiene como una de sus misiones la de desarrollar un sistema de alerta temprana y planificar las acciones a seguir en el caso de una alarma real de estos eventos. Para estos efectos se está desarrollando el proyecto THRUST, consistente en un plan piloto en Chile Central, instrumentos en Valparaíso (I.H.A.) y en Santiago (U. de Chile) que permitirían detectar la ocurrencia de un sismo mayor, con magnitud que pueda generar un tsunami, enviando automáticamente esta información vía satélite al Pacific Tsunami Warning Center en Hawaii, quien daría la alerta a todos los países del Pacífico, en particular Chile.

Para un óptimo diseño sismoresistente de estructuras construidas por el hombre, se requiere información sobre el máximo sismo posible en la zona que se quiere construir y de sus características en términos de cual sería la aceleración máxima esperada y su comportamiento para las frecuencias generadas en un terremoto. Esta información es posible adquirirla usando instrumentos llamados acelerógrafos en conjunto con la información de redes sísmológicas locales.

La experiencia del último sismo de Marzo de 1985, en la región que concentra la mayor población e infraestructuras del país (40%) indica que las normas sismoresistentes aplicadas en la construcción son adecuadas del punto de vista de evitar daños mayores y colapso de estructuras, sin embargo pueden optimizarse del punto de vista económico y mejorarse en todo sentido, basadas en la información instrumental disponible, que es sin duda una de las más completas para un sismo en una zona de subducción a nivel mundial.

En el caso de la ocurrencia de un sismo que provoque una catástrofe, existe en el país un Plan Nacional de Emergencia, el que tiene

como objetivo principal la utilización de los recursos y medios en forma coordinada y en todos los niveles de la estructura de Gobierno Interior, como así también en todos aquellos organismos del Sector Público y Privado para solucionar en el más breve plazo los daños originados por un evento telúrico.

ANEXO 1

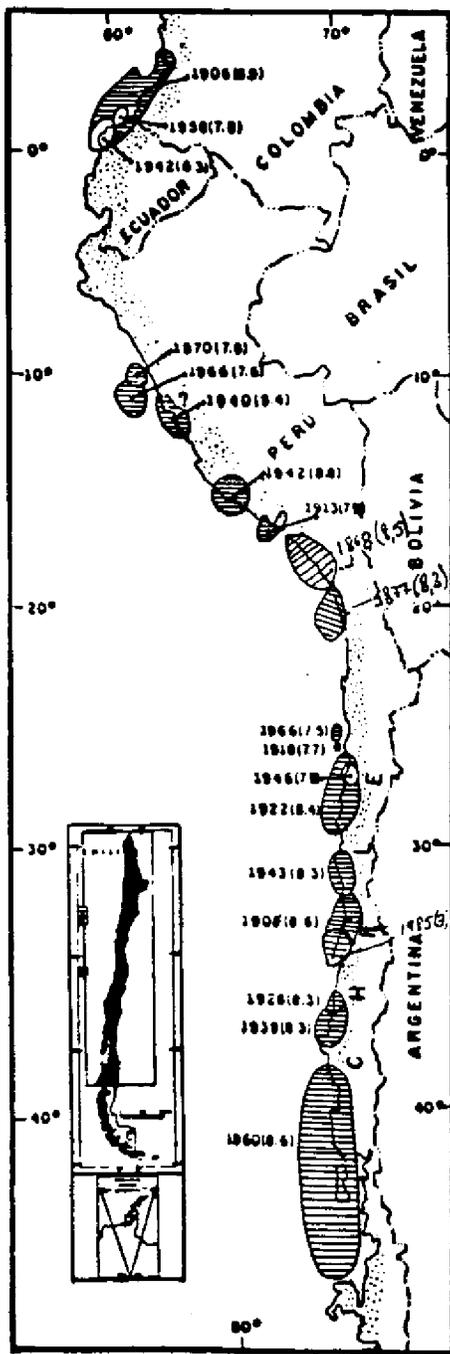
LISTA DE LOS GRANDES TERREMOTOS Y TSUNAMIS DE CHILE

| Fecha | Región Epicentral | Origen | Magnitud Ms | Observaciones |
|------------|----------------------|----------------------------------|----------------|---|
| 1562 10 26 | Chile Sur | | | Apócrifo |
| 1570 02 | Concepción | Fuera de la costa | 8-8.5 | Tsunami des- tructivo. |
| 1575 03 17 | Santiago | Cordillera costa | 7-7.5 | Más de 100 Km. de Stgo. |
| 1575 12 16 | Valdivia | Fuera de la costa | 8.5 | Como en 1960 |
| 1604 11 24 | Arica | Fuera de la costa | 8.25-8.5 | Fuerte tsunami |
| 1615 09 16 | Arica | Fuera de la costa | 7.25 | Tsunami leve |
| 1647 05 13 | Santiago | Falla cordillerana | 8.5 | Epicentro entre San- tiago y Val- paraíso. |
| 1657 03 15 | Concepción | Fuera de la costa | 8 | Fuerte tsunami. |
| 1681 03 10 | Arica | Fuera de la costa | 7-7.5 | Tsunami sin daños. |
| 1687 07 12 | San Felipe | Valle Aconcagua | 7-7.5 | Mayor parte destruido. |
| 1715 03 22 | Terre Sur | Costero | 7.5 | Fuente en Arica. |
| 1730 07 05 | Valparaíso | Fuera de la costa | 8.75 | Fuerte tsunami. |
| 1737 10 24 | Valdivia | Fuera de la costa | 7.5-8 | Probable tsunami. |
| 1761 03 25 | Concepción | Fuera de la costa | 8.5 | Fuerte tsunami |
| 1766 03 30 | Copiapó | Interior o cerca de la costa. | 7.5-8 | Sin tsunami |
| 1819 04 03 | | | | |
| | 04 | | | |
| | 11 | Copiapó | Costero | 8.25-8.5 Gran tsunami |
| 1822 11 19 | Valparaíso | Costero | 8.5 | Tsunami leve; cam- bios en la costa. |

| | | | | | | |
|------|----|----|-----------------|-----------------------------------|----------|--|
| 1829 | 09 | 26 | Valparaíso | Costero | 7 | Sin tsunami |
| 1835 | 02 | 20 | Concepción | Fuera de la costa | 8-8.25 | Fuerte tsunami. |
| 1837 | 11 | 07 | Valdivia | Fuera de la costa | 8 | Tsunami. |
| 1847 | 10 | 08 | Illapel | Cerca de la costa | 7-7.5 | Sin tsunami |
| 1849 | 11 | 17 | Coquimbo | Fuera de la costa | 7.5 | Tsunami leve. |
| 1850 | 12 | 06 | Valle Maipo | Andino | 7-7.5 | Como en 1958. |
| 1851 | 04 | 02 | Casablanca | Falla cordillerana | 7-7.5 | Sin tsunami |
| 1859 | 10 | 05 | Copiapó | Costero | 7.5-7.75 | Tsunami leve. |
| 1868 | 08 | 13 | Arica | Fuera de la costa | 8.5 | Fuerte tsunami. |
| 1869 | 08 | 24 | Pisagua | Fuera de la costa | 7-7.75 | Tsunami leve. Probable replica anterior. |
| 1871 | 10 | 06 | Iquique | Costero | 7-7.5 | Pocos datos |
| 1877 | 05 | 09 | Pisagua | Fuera de la costa | 8-8.5 | Fuerte tsunami. |
| 1879 | 02 | 02 | Est. Magallanes | Cerca de la costa | 7-7.5 | Como en 1949. |
| 1880 | 08 | 15 | Illapel | Costero | 7.5-8 | Sin Tsunami |
| 1906 | 08 | 16 | Valparaíso | Costero | 8.6 | Leve tsunami, desplazamiento geodésico. |
| 1918 | 12 | 19 | Copiapó | Costero | 7.5 | Tsunami leve. |
| 1922 | 11 | 10 | Huasco | Costero | 8.4 | Tsunami destructivo |
| 1928 | 12 | 01 | Talca | Cerca de la costa | 8.4 | Tsunami leve, algunos desplazamientos geodésicos. |
| 1938 | 01 | 24 | Chillán | Falla cordillerana de la costa. | 8.0 | Sin tsunami |
| 1943 | 04 | 06 | Illapel | Costero | 8.3 | Resaca tsunami. |
| 1949 | 12 | 07 | Punta Arenas | Casi costero; falla cordillerana. | 7.5 | Tsunami leve. |
| 1953 | 05 | 06 | Chillán | Costero | 7.5 | Como en 1939. |
| 1958 | 09 | 04 | Cajón Maipo | Cajón del Maipo | 6.9 | Grado IX-X. |
| 1960 | 05 | 21 | Concepción | En la costa | 7.25 | Grado X Lebu, Chillán San Carlos, Parral, Narcimiento, Los Angeles |

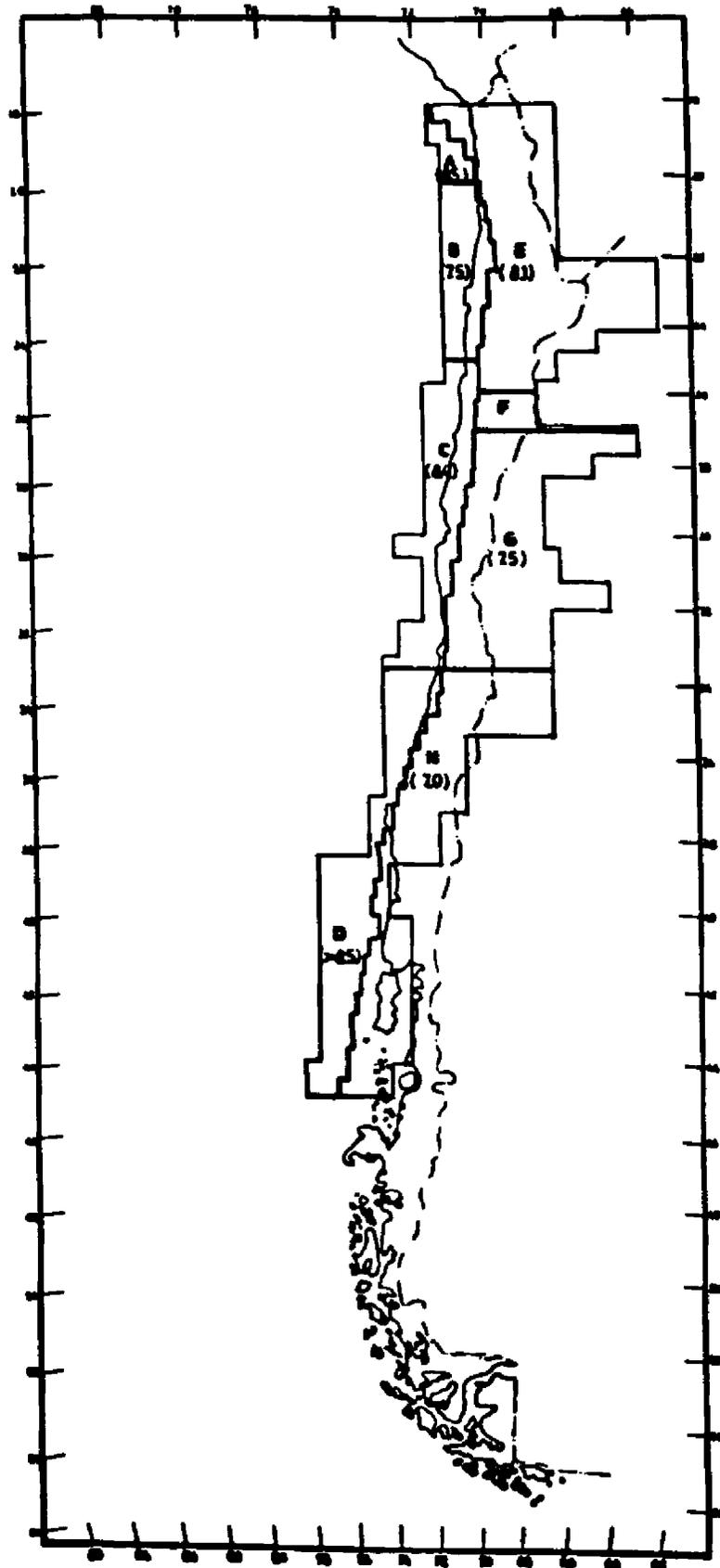
| | | | | | | |
|------|----|----|----------------------------------|-------------------|------|---|
| 1960 | 05 | 22 | Valdivia | Fuera de la costa | 8.75 | Gran tsunami. Destrucción Valdivia, Llanquihue, Osorno y otros. |
| 1965 | 03 | 28 | La Ligua | La Ligua | 7.5 | Destrucción de Cabildo La Ligua, grado X en Valparaíso. |
| 1966 | 12 | 28 | Taltal | En la costa | 7.5 | Leve tsunami. |
| 1967 | 12 | 21 | Tocopilla, María Elena y Calama. | | 7.0 | |
| 1971 | 07 | 08 | La Ligua | Fuera de la costa | 7.5 | Destrucción |
| 1985 | 03 | 03 | San Antonio | Fuera de la costa | 7.8 | Destrucción |
| | | | Valparaíso | | | |

FUENTE : SERVICIO SISMOLOGICO DE LA UNIVERSIDAD DE CHILE



**FIG. 1.- ZONAS AFECTADAS POR GRANDES TERREMOTOS HISTORICOS
(SE INDICA EL AÑO Y MAGNITUD)**

FIG . 2 DIFERENTES REGIONES SISMICAS EN CHILE



RIESGO Y VULNERABILIDAD FRENTE A INUNDACIONES

Antecedentes de la Problemática de Inundaciones y Desequilibrios Hidrológicos

Aspectos Bio-Físicos

El territorio chileno presenta características predominantemente montañosas. Las condiciones geomorfológicas, fisiográficas y tectónicas conjugadas con fenómenos naturales, especialmente de tipo climático determinan una alta susceptibilidad a la ocurrencia de desequilibrios hidrológicos, tales como inundaciones o agudas sequías. Estos eventos naturales, al afectar directamente a las actividades humanas adquieren características catastróficas, afectando gravemente al patrimonio natural y productivo del país, generando niveles de vulnerabilidad que afecta a la población, infraestructura y actividades productivas.

La proximidad de la naciente de los ríos en la Cordillera de los Andes a su desembocadura en el mar, crean condiciones de fuertes pendientes en los cauces, generando alta torrencialidad de los ríos y susceptibilidad a la erosión y sedimentación de laderas. Por otra parte la gran diversidad de zonas climáticas, que comprenden desde regiones desérticas con precipitaciones torrenciales esporádicas hasta regiones húmedas de gran pluviometría en la zona sur y austral. Estas condiciones naturales plantean limitantes al uso indiscriminado de los Recursos Naturales Renovables, tales como agua-suelo y vegetación, por lo que cobra plena vigencia la necesidad de suplementar las acciones de desarrollo productivo o urbanístico con la conservación de los Recursos Naturales, la evaluación de Riesgos Naturales y la investigación de desastres.

Aspectos Socio-Económicos

La población nacional, de acuerdo al Censo más reciente (1982) muestra un marcado proceso de emigración campo-ciudad, llegando al 81% de población urbana. Por otra parte se aprecia una concentración significativa de población en torno a tres Areas Metropolitanas en donde se concentra el mayor porcentaje (56%) de la población urbana. No obstante las proyecciones de mediano y largo plazo identifican a una docena de ciudades como las receptoras principales de población.

De acuerdo con el crecimiento vegetativo de la población (1.7% anual), la magnitud del proceso adquiere dimensiones significativas, afectando anualmente a superficies que superan las 1.200 Has. incorporadas como zonas urbanas, comprendiendo generalmente sectores de alto riesgo.

De acuerdo a las condiciones geográficas naturales del país estos centros urbanos más importantes, se ubican en la zona Centro-Sur entre la V y VIII regiones del país, correspondiendo a Regiones de Ríos Torrenciales de escurrimiento fluvial y nivel, con crecidas invernales y por deshielos. Por otra parte se debe señalar que las zonas urbanas citadas se

se ubican en sectores ribereños con extensos tramos vulnerables a las inundaciones.

La variable de Inundaciones es la segunda causa catastrófica principal de pérdidas socio-económicas para el país, después de los terremotos. Se presenta en el Cuadro siguiente una situación comparativa para el período 1974-1986.

Cuadro Nº 1 : Pérdidas generales por efecto de inundaciones vs terremotos. Período 1974-1986 (fuente : ONEMI - Ministerio del Interior).

| CLASIFICACION PERDIDAS | TERREMOTOS | INUNDACIONES |
|--|------------------|----------------------------|
| 1. Daño a las personas : | | |
| - Muertos | 183 | 361 |
| - Heridos | 2.605 | 1.074 |
| - Damnificados | 1.210.828 | 537.977 |
| 2. Daño a los bienes (casas, puentes, caminos, edificios públicos, red ferroviaria). | 272.610 Unidades | 114.701 Unidades |
| 3. Daño a las actividades (localidades aisladas sin servicios básicos) | S/A | 5.257 zonas y localidades. |

S/A : Sin antecedentes

En la zona centro-sur (V a VIII Región) fueron afectadas 250.000 hás. agrícolas durante las últimas inundaciones (1986), poniendo en peligro la producción agrícola al quedar esta sin riego por destrucción de bo-catomas, canales y sistemas de distribución. Las pérdidas potenciales en base a una estimación de los daños son del orden de US\$ 250.000.000 (considerando una productividad media de US\$ 1.000/há. (Fuente : S.N.A.). Asociados a estos eventos se calcula una pérdida anual promedio irreversible e irrecuperable, de 500 Hás de suelos agrícolas (Fuente : Asociación de Canalistas).

Las pérdidas económicas directas derivadas de los fenómenos de alteración en el funcionamiento de las cuencas hidrográficas, considerando sólo inundaciones y sequías, alcanzan a los US\$ 2.000 millones, de acuerdo a estadísticas de ONEMI para el período 1968-1986. Estas pérdidas no consideran pérdidas indirectas, lo que en promedio, puede llegar hasta 4 veces el monto de las pérdidas directas.

Aspectos Legales-Institucionales

La Constitución Política de Chile señala claros principios para definir y establecer roles de acción al Estado y Sector Privado frente al Bien Común, la habitabilidad de los asentamientos humanos y la calidad de vida de sus habitantes.

De acuerdo a la ley vigente en la actualidad corresponde al Estado, a través de la planificación y de las normativas urbanas, fijar las condiciones mínimas de diseño y conservación que sean necesarias y convenientes para que las urbanizaciones y edificaciones aseguren a los ciudadanos una habitabilidad satisfactoria del espacio urbano.

Cabe señalar que la localización de los centros urbanos más importantes obedece a la modalidad característica de poblamiento durante la colonización española, correspondiendo en general a sectores ribereños de alto riesgo frente a inundaciones.

Las acciones que se efectúan en el ámbito de este rol del Estado se describen en el punto siguiente de "Tipos de Acciones efectuadas frente a los Riesgos y alta Vulnerabilidad de las Inundaciones".

2.- Tipos de Acciones Efectuadas frente a los Riesgos y alta Vulnerabilidad a las Inundaciones.

2.1. Una premisa básica de trabajo para enfrentar la problemática de inundaciones ha sido considerar que un evento natural se transforma en un riesgo natural cuando afecta a las actividades humanas. Al buscar entonces la armonización de las acciones del hombre con las limitantes y potencialidades del territorio, surge la cuenca hidrográfica como la unidad de trabajo más apropiada. La cuenca hidrográfica es aquel territorio natural cuyos escurrimientos superficiales drenan hacia un punto específico, río, área o accidente geográfico.

En este territorio se presentan los recursos naturales interactuando como un sistema en equilibrio dinámico con las actividades humanas. Permitiendo que mediante acciones integrales de : Planificación Preventiva, Normativa de uso de los Recursos y Participación de los usuarios y población, se logre minimizar los riesgos y la vulnerabilidad frente a eventos naturales que ocurren en la cuenca.

2.2. Las acciones factibles y operativas efectuadas en Chile pueden reducir los riesgos y vulnerabilidad frente a las Inundaciones. Comprenden los siguientes tipos, en forma complementaria a la educación e información de la población :

2.2.1. Acciones sobre el evento hidrológico :

1) Manejo de Cuencas :

Mediante intervenciones de conservación del sistema agua-suelo frente a la cuenca hidrográfica, se logra impactar en los procesos de erosión y sedimentación de cuencas, - así como en los tiempos de gestación de algunos ti - pos de crecidas. Estas acciones conservacionistas de ma - nejo de la cuenca que da origen al río y su comportamien - to logran efectos preventivos que optimizan el uso del territorio.

ii) Construcción de obras de Encauzamiento y Protección Fluvial

En forma complementaria al manejo de cuencas, los trabajos de encauzamiento, defensas ribereñas y control de torrentes, permiten controlar en determinados rangos el comportamien - to de la Inundación.

iii) Construcción de obras de Regulación Hídrica

Mediante obras de regulación interanual tales como embalses o diques se ha logrado controlar los efectos de eventos naturales, almacenando excedentes hidrológicos susceptibles de aprovecharse en propósitos múltiples tales como riego, agua potable, hidroelectricidad.

2.2.2. Acciones sobre las actividades humanas

i) Mapas de riesgos de Inundaciones - Zonificación de Areas

En Chile se ha perfeccionado como herramienta preventiva la elaboración de MAPAS de Riesgos de Inundaciones basados en antecedentes hidrológicos, hidráulicos y de actividades a - menazadas. Mediante esta cartografía se ha logrado orientar actividades preventivas para el sector Público y Privado. Por otra parte, al aplicarse al nivel urbano (Ver Proyecto "Areas de Riesgo por Inundación en Santiago"), se han incorporado en la iniciativa de desarrollo urbano.

ii) Establecimiento de Normas

A fin de orientar las actividades humanas, la normativa legal mediante diversos instrumentos, tales como incentivos y Plano Regulador de la expansión urbana, busca minimizar los efectos

de riesgos naturales.

iii) Preparativos frente a emergencias

Se encuentra estructurado y operativo a nivel de todas las regiones del país un Plan Nacional de Emergencia. Este Plan coordina las acciones del Sector Público y Privado, a nivel Comunal, Provincial y Regional, tanto en lo referente a la utilización de los medios como a la obtención de los recursos necesarios para enfrentar las emergencias derivadas de los eventos catastróficos que azotan fuertemente al país.

iv) Pronóstico - Alerta frente a crecidas e inundaciones

En base a proyectos específicos en zonas críticas del territorio se ha utilizado tecnología moderna para detectar y alertar anticipadamente a la población frente a inundaciones. Mediante plataformas colectoras de datos hidrológicos operadas vía satélite hasta el nivel comunal, se ha podido evacuar oportunamente sectores amagados en forma preventiva. Esto ha sido posible en especial en crecidas originadas por deshielos en la zona central del país.

Los resultados alcanzados han demostrado la alta conveniencia y factibilidad técnica y económica de estas medidas.

2.2.3. Acciones para mitigar las pérdidas económicas

- i) Libre operación de líneas de seguros frente a riesgos: Se encuentran funcionando diferentes tipos de seguros ante inundaciones para proteger bienes productivos y de infraestructura.
- ii) Acción pública en zonas de riesgos : De acuerdo al rol subsidiario del Estado, se efectúan trabajos de Protección y Prevención en las áreas críticas de mayor vulnerabilidad
- iii) Establecimiento de incentivos : Con el propósito de orientar las actividades de los usuarios y población en general existen diversos incentivos para la realización de trabajos de conservación mediante la forestación de cuencas hidrográficas, y desincentivos a ocupar zonas de riesgo.

2.2.4. Acción permanente de Educación e Información Pública

Con el objetivo de cubrir la totalidad de la población y los diferentes niveles decisionales se efectúan en forma sistemática

acciones de educación e información pública. Se tiende en la actualidad a formar figuras interinstitucionales y multidisciplinarias a nivel de cuencas con estado crítico de conservación. Es el caso de Comités Técnicos para la formulación de Proyectos Integrales que comprenden la mitigación de Riesgos Naturales. En los casos de las cuencas hidrográficas en que se ubica la ciudad de Santiago (Cuenca Río Mapocho) y la ciudad de Concepción (cuenca Río Bío-Bío) existen este tipo de organización Regional intersectorial para enfrentar el Problema de Desarrollo y Conservación de cada cuenca.