

Práctica Profesional

Lineamientos para la zonificación del borde costero considerando los riesgos de tsunami y marejadas en la Región de Coquimbo

DIVISIÓN DE PROTECCIÓN CIVIL

Beauchef, 1671, Santiago, Chile
www.onemi.cl



Se presenta acá, el informe final del proyecto de Práctica Profesional de la estudiante de Geografía de la Pontificia Universidad Católica de Chile, Carmen María Correa Achurra realizado en la Oficina Nacional de Emergencias del Ministerio del Interior, ONEMI, cuyo Profesional Guía fue el Geógrafo Don José Abumohor Abumohor, Jefe de la División de Protección Civil de la Institución.

El proyecto se denomina "Lineamientos para la zonificación del Borde Costero considerando los riesgos de Tsunami y Marejadas, en la Región de Coquimbo", que se expondrá a continuación.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN.....	4
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	7
1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA.....	9
1.3. OBJETIVOS.....	10
1.3.1. Objetivo General.....	10
1.3.2. Objetivos Específicos.....	10
2. MARCO TEÓRICO.....	11
2.1. Zona Costera.....	12
2.2. Formación y dinámica de los paisajes costeros.....	16
2.3. Riesgos de origen natural asociados al mar.....	17
2.3.1. Tsunamis.....	17
2.3.2. Marejadas o Inundaciones marinas.....	22
2.4. Amenaza de tsunami y marejadas en Chile.....	25
2.5. Estructuras de Protección Costera y del Litoral.....	27
2.5.1. Estructuras de protección costera:.....	27
2.5.2. Estructuras de protección del litoral:.....	28
3. PLANIFICACIÓN TERRITORIAL DEL BORDE COSTERO.....	29
3.1. Ordenamiento Territorial.....	29
3.2. Política Nacional del Uso del Borde Costero Litoral.....	30
3.3. Marco jurídico legal del Borde Costero Litoral.....	31
3.4. Instrumentos de Planificación Territorial del Borde Costero.....	34
3.4.1. Instrumentos Directos de Planificación territorial del Borde Costero.....	34
3.5. Consideraciones con respecto a los riesgos de origen natural en los Instrumentos de Planificación Territorial:.....	36
3.6. Marco Normativo e Institucional de la Gestión costera con ingerencia en la prevención de riesgos de origen natural en Chile.....	37
3.7. Mecanismos de prevención de riesgos de origen natural asociados a cada uno de los actores y organismos que regulan el borde costero.....	39
3.7.1. Directemar.....	39
3.7.2. Armada de Chile.....	40
3.7.3. Sernapesca.....	40
3.7.4. Dirección de Obras Portuarias.....	40
3.7.5. Ministerio de Bienes Nacionales.....	41
3.7.6. Ministerio de Vivienda y Urbanismo, con las SEREMIS respectivas.....	41

3.7.7. Comisión Nacional de Uso del Borde Costero en conjunto con los Municipios	42
3.7.7.1. Estudios de riesgo:	43
3.7.7.2. Planificación urbana:	45
3.7.8. Corporación Nacional Forestal y organismos asociados:	49
4. LINEAMIENTOS PARA ZONIFICAR EL BORDE COSTERO DE LA REGIÓN DE COQUIMBO	
CONSIDERANDO LOS RIESGOS DE TSUNAMI Y MAREJADAS	51
4.1. Caracterización geográfica de la Región de Coquimbo	51
4.1.1. Aspectos Físico-Ambientales	52
4.1.2. Aspectos Humanos	56
4.2. Normativas Generales de Ordenamiento Territorial e Instrumentos de Planificación Territorial dictados para el borde costero de la Región de Coquimbo	59
4.3. Estudios de riesgos de origen natural asociados al mar en la Región de Coquimbo	61
4.3.1. Sismicidad:	61
4.3.2. Tsunamis:	63
4.3.3. Marejadas	66
4.4. Descripción de los Instrumentos de Planificación Territorial vigentes en el Borde Costero de la Región de Coquimbo	67
4.5. Consideraciones mínimas de prevención de riesgo de tsunami y marejadas en la planificación territorial del borde costero de la Región de Coquimbo	71
4.5.1. Usos Prohibidos:	71
4.5.2. Desembocadura de Grandes Cursos de Agua	72
4.5.3. Puertos	72
4.5.4. Campos Dunarios	75
4.5.5. Caletas pesqueras	75
4.5.6. Playas	77
4.5.7. Planificación Urbana:	78
4.5.8. Turismo	83
4.5.9. Bosques Costeros	83
4.5.10. Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado, SNASPE	84
5. REFLEXIONES FINALES	85
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	88
NORMATIVAS DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL REVISADAS	94
INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL REVISADOS	96

1. INTRODUCCIÓN

Las excepcionales condiciones del litoral para el desarrollo de múltiples actividades humanas han propiciado una continua migración de habitantes, industrias y servicios a las zonas costeras (Medina & Méndez, 2006).

Se señala que en 1990 alrededor del 60% de la población mundial (5.500 millones) se concentraba en zonas costeras, y según cálculos para el año 2100 esta cifra se elevará al 75%, en que para entonces, la población mundial alcanzará un número de 11.000 millones de habitantes (PNUMA, 1992). Todos estos habitantes y bienes materiales se encuentran amenazados por la inundación costera debida a la dinámica y accionar del mar, y según predicciones realizadas por el Panel Intergubernamental para el cambio climático, IPCC, el riesgo de inundación tiene un aumento progresivo año a año para infraestructuras urbanas, turísticas e industriales, tierras de cultivo, etc. (Medina & Méndez, 2006).

Para el caso de los tsunamis, se puede mencionar que todas las zonas costeras del mundo pueden experimentar tsunamis (ONEMI, 2001), pero la amenaza se concentra mayoritariamente en las costas que están situadas frente a las zonas de subducción, que corresponden a 40.000 kilómetros de costa alrededor del mundo, por lo que todos los habitantes de las costas del planeta están expuestos a la amenaza constante de tsunami.

RIESGO

En este contexto de que la población que vive en las zonas costeras se ve constantemente “amenazada” por la dinámica y accionar del medio físico que los rodea, la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura, UNESCO, en la “Estrategia Mundial para la Reducción de Desastres”, EIRD (2004), postula que un **riesgo de origen natural** es el resultado de la interacciones de las amenazas naturales capaces de impactar un sistema socioeconómico y las condiciones de vulnerabilidad de dicho sistema, es decir, la probabilidad de que ocurra un desastre en función de la amenaza y la vulnerabilidad.

Por su parte, la ONEMI (2009), postula que el término riesgo supone incertidumbre a un evento futuro o a un evento supuesto, y sigue la misma línea de la EIRD (2004), al postular que para que exista una condición de riesgo, deben interrelacionarse en tiempo y espacio común, factores de amenaza y factores de vulnerabilidad, expresados en la siguiente ecuación:

$$R = A \times V$$

Donde:

- **R**= Riesgo
- **A**= Amenaza
- **V**= Vulnerabilidad

Amenaza

La amenaza o peligro natural se concibe como un factor externo de riesgo, representada por la potencial ocurrencia de un fenómeno o proceso natural que tiene lugar en la biosfera, manifestado en un sector específico con una intensidad y duración determinada, los cuales pueden tener un desenlace tal que se produzca en un evento perjudicial, cobrando vidas, daños materiales, interrupción de las actividades sociales y económicas, degradación ambiental, etc.

Las amenazas naturales, de acuerdo a su origen, se pueden clasificar en hidrometeorológicas, geológicas y biológicas. Estas son muy dinámicas y sus impactos son muy variados dependiendo del territorio donde se localicen (UNESCO/EIRD, 2004; ONEMI, 2009).

Vulnerabilidad

La vulnerabilidad está expresada por el grado de susceptibilidad o resistencia de un sistema socioeconómico y ambiental ante una cierta amenaza natural, y se ve condicionada por la capacidad de las personas para hacer frente a los efectos de las amenazas, que pueden concluir en un desastre, porque una amenaza no se puede evitar al ser un factor externo del riesgo, pero un desastre derivado de esta, sí. En este sentido, se puede decir que la gente es más vulnerable cuando menor es el conocimiento y conciencia que se tiene acerca de las amenazas que ponen en peligro su vida y los bienes que estos posean (UNESCO/EIRD, 2004; ONEMI, 2009).

Factores de la Vulnerabilidad

La vulnerabilidad, al estar regida por la actividad humana, está estrechamente ligada a las sociedades y al accionar de estas, en pro de que se genere un desarrollo sustentable, por lo que esta queda condicionada por los procesos y factores tanto físicos, sociales, económicos y ambientales imperantes en un sistema de agrupamiento humano.

Es por esto, que la UNESCO en la EIRD (2004), propone que son cuatro los factores que determinan y condicionan la vulnerabilidad:

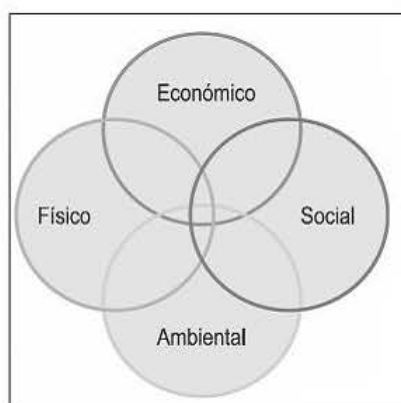
a) *Factores Físicos*: estos pueden definirse como la susceptibilidad derivada de la “exposición” con respecto a la ubicación y al entorno construido. La vulnerabilidad física puede estar determinada por factores tales como la densidad de población, lo apartado que se encuentra un asentamiento, el lugar, diseño y materiales que se utilizan para construir la infraestructura vital y las viviendas.

b) *Factores Sociales*: la vulnerabilidad social está estrechamente ligada con el grado de desarrollo que presentan tanto las personas como las sociedades, la cual puede estar determinada en cierta medida por el grado de alfabetización, educación, salud pública (relacionada con el bienestar físico, mental y sociológico de las personas), inseguridad social e institucional y sistemas de organización colectiva, entre otros.

c) *Factores Económicos*: la vulnerabilidad económica puede definirse de acuerdo a la situación económica tanto de las sociedades como de las personas en particular, siendo más vulnerable y susceptible la población de los estratos menos acomodados.

d) *Factores Ambientales*: el grado de agotamiento de los recursos naturales presentes en un lugar determinado y su estado de degradación, destacan entre los aspectos fundamentales de la vulnerabilidad ambiental, debido a que a medida que va disminuyendo la escasez de recursos naturales, se van limitando las alternativas de disposición de las comunidades para enfrentar situaciones de riesgo.

Figura 1: Interacción de los factores que determinan la vulnerabilidad



Fuente: UNESCO/EIRD, 2004.

Con estos conceptos claramente definidos, se puede decir que el IPCC estima que el número anual de víctimas debido a la inundación costera, que engloba los conceptos de tsunami

y eventos de marejadas extremos, alcanzará las 158.000 personas para el año 2020 (Medina & Méndez, 2006).

1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

De acuerdo a Barragán *et al.* (2004), las características territoriales y económicas del país hacen que Chile sea extremadamente dependiente de las áreas litorales y sus recursos, pero el extraordinario auge que ha tenido la zona costera desde el punto de vista de los desarrollos inmobiliarios, de los cultivos marinos, del turismo, de la actividad portuaria, entre otras actividades propias de los ambientes costeros, han superado en muchos casos la capacidad de las autoridades de gestionar el territorio, lo que ha generado impactos negativos en el borde costero. Para que esta situación no siga ocurriendo y las zonas costeras conserven su productividad y funciones naturales hay que mejorar considerablemente su planificación y administración (Castro & Morales, 2006).

Desde el punto de vista de la Planificación Territorial, la zona costera se convierte en un espacio que requiere de un manejo particularmente cuidadoso al ser un área donde convergen todo tipo de actividades en un espacio restringido y frágil (Andrade, 2001). Es así como la ordenación integrada del litoral, se refiere a la necesidad de coherencia social, ecológica, económica y administrativa de la planificación y gestión de las áreas costeras (Castro & Morales, 2006), para que exista una coexistencia armónica entre el medio físico natural y las actividades humanas, pero no sólo se puede considerar establecer qué tipo de actividades son compatibles en cada sector del borde costero para no dañar el ecosistema, sino que también se debe considerar la permanente amenaza de tsunamis y marejadas en nuestras costas, y no establecer actividades que pongan en peligro la vida de las personas ante estos complejos fenómenos físicos.

La ONEMI, como Organismo Técnico del Estado a cargo de la protección civil contempla un ciclo de **prevención** del riesgo, entendido como todas aquellas actividades previas a la ocurrencia del daño o evento adverso, con el fin de evitarlo o suprimirlo de forma definitiva, y en caso de no ser posible esto, reducir al mínimo los efectos que sobre las personas, los bienes y el ambiente puedan llegar a provocar los fenómenos naturales o generados por la acción humana, que contempla las siguientes actividades, y que para efectos de este estudio se van a considerar sólo las dos primeras:

1. Prevención (Supresión): se refiere a todas aquellas actividades destinadas a suprimir o evitar definitivamente que sucesos naturales o generados por la actividad humana causen daño.

2. Mitigación: son todas aquellas actividades tendientes a reducir o aminorar el riesgo, reconociendo que en ocasiones es imposible evitar la ocurrencia de un evento.

3. Alerta: corresponde a un estado declarado, con el fin de tomar precauciones específicas, debido a la probable y cercana ocurrencia de un evento adverso (ONEMI, Ciclo de Prevención del Riesgo, 2010).

1.2. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

De acuerdo a Barragán et al. (2004), Chile cuenta con un número importante y diverso de instrumentos para la administración de la zona costera y los recursos litorales. El paso más importante que se ha dado para mejorar el sistema de gestión costera fue la aprobación de la "Política Nacional de Uso del Borde Costero" (PNUBC), por el Decreto Supremo 475 de 1994.

En el ámbito de la administración del Borde Costero Litoral, esta corresponde al Ministerio de Defensa Nacional a través de la Subsecretaría de Marina, quién ejerce control, fiscalización y supervigilancia de toda la costa y mar territorial de la República.

En este sentido, es de vital importancia que los organismos encargados de la gestión territorial en el borde costero velen para que en los instrumentos de planificación territorial que se dicten para dicha zona del territorio del país consideren aspectos relativos a los riesgos de origen natural asociados al mar como lo son los tsunamis y las marejadas, para que no ocurra lo que pasó el pasado 27 de febrero, donde Chile se vio remecido por el quinto terremoto más grande registrado en la historia, seguido por un tsunami que azotó a la costa centro sur del país llevándose todo lo que encontró a su alcance, por haber planificado la costa de una manera no adecuada, ya que hay que considerar que si bien los tsunamis son eventos que tienen una baja posibilidad de ocurrencia, la naturaleza nos enseñó una vez más la diferencia entre lo improbable y lo imposible (Mc Caffrey, 2007).

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo General

Proponer lineamientos básicos para incorporar en los instrumentos de planificación territorial costeros, consideraciones mínimas de prevención de riesgos naturales asociados al mar.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Determinar y agrupar los aspectos relevantes a considerar con respecto al borde costero y los riesgos de origen natural asociados a este.
- Agrupar la normativa existente que tenga competencia en el borde costero y determinar qué normativa resulta aplicable en la prevención de riesgos de origen natural.
- Proponer medidas concretas de prevención de desastres y catástrofes en los Instrumentos de Planificación Territorial.
- Proponer las medidas de prevención de desastres y catástrofes antes expuestas, en el borde costero de la Región de Coquimbo.

2. MARCO TEÓRICO

Chile se localiza en el sureste de la Cuenca del Océano Pacífico, entre los paralelos 17°30' y 56°30' Sur, con un litoral de más de 4.200 kilómetros de extensión longitudinal (Castro & Alvarado, 2009).

De acuerdo al Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada, SHOA, las dimensiones de las áreas de territorio marítimo y longitudes de costa son las señaladas en la siguiente tabla.

Tabla 1: Territorio Marítimo y longitudes de costa en Chile

Áreas de Territorio Marítimo (12 millas)	Área km ²
Chile Continental	106.707
Chile Insular	14.120
Zona Económica Exclusiva	3.150.739
Mar Presencial	14.751.361
Territorio Marítimo Antártico	2.785.522
Longitud de Costa del Territorio	km
Continental (desde la línea de la concordia por el norte a las Islas Diego Ramírez por el sur)	4.200
Continental más las islas ligadas al continente	83.850
Insular (Pascua, Salas y Gómez, San Félix, Archipiélago, Juan Fernández)	190

Fuente: Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada, SHOA.

Según los datos proporcionados por el Censo de Población y Vivienda del año 2002, la población de Chile es de 15.116.435 habitantes, con un 86 % de población urbana y un 14 % de población rural. Desglosando estos datos, se puede observar que aproximadamente 2.5 millones de habitantes, que representan en su conjunto al 21% de la población de Chile, vive en centros urbanos situados a una distancia de menos de diez kilómetros de la costa.

A continuación, se muestra una tabla con los principales centros poblados costeros del país, con sus respectivas cantidades de población que alberga cada uno.

Tabla 2: Población de las principales ciudades costeras de Chile

Ciudad	Población
Arica	185.268
Iquique	216.419
Antofagasta	296.905
Copiapó	129.091
La Serena	160.148
Coquimbo	163.036
Viña del Mar	286.931
Valparaíso	275.982
Talcahuano	250.348
Valdivia	140.559
Puerto Montt	175.938
Punta Arenas	119.496

Fuente: Instituto Nacional de Estadísticas, INE, Censo de Población y Vivienda 2002.

La ocupación de las zonas costeras por parte de los habitantes hace que estas áreas sean un espacio donde convergen todo tipo de actividades en un espacio restringido y frágil (Andrade, 2001), donde se ha generado la necesidad de contar con ordenamientos jurídicos que regulen adecuadamente las actividades que se desarrollan en el borde costero.

Para poder realizar esto, lo primero que se debe hacer es contar con un sustento teórico de todos aquellos conceptos relacionados con la Zona Costera.

2.1. Zona Costera

De acuerdo a Andrade (2001), la zona costera se define como una "franja de ancho variable, donde interactúan el mar, la tierra y la atmósfera, determinando un ambiente de interfase en el que se establecen condiciones de equilibrio precario y ocurren procesos dinámicos intensos que le confieren características únicas de fragilidad ambiental"

Otras definiciones pertinentes relacionadas con el Borde Costero, se citan a continuación, de acuerdo al Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, PNUMA, 1995, en Castro & Morales (2006):

- **Aguas oceánicas:** Es la parte marina más amplia y se relaciona con las 200 millas náuticas de la Zona Económica Exclusiva. También las referencias batimétricas son utilizadas, la isóbata 200 metros, entre las 65 y 200 brazas (120 y 230 metros respectivamente). Cuando es posible se asocia a la parte oceánica de la plataforma continental y es considerada un área de vital importancia para ciertos recursos naturales.
- **Aguas litorales:** Aunque su ancho desde el punto de vista administrativo, es usual identificarla con las 12 millas náuticas del Mar Territorial y las Aguas Interiores. Es una zona de gran trascendencia para determinados ecosistemas marinos y fases vegetativas de algunas especies de valor comercial o crucial en la cadena trófica.
- **Espacio Intermareal:** Es el área de acción de las mareas. Corresponde a las zonas de manglares, las marismas, los estuarios, etc. En ella están presentes ecosistemas o biotopos de vital importancia. Su amplitud depende de la marea, de los vientos, de la topografía, de la zona, etc., y varía entre unos pocos metros y algunos kilómetros. Una característica singular que le suele acompañar es su naturaleza pública.
- **Borde Litoral:** Es el contacto entre la tierra y el mar. Tiene sobre todo un valor georreferencial. Debe ser considerada una línea sobre la que se determinan ciertos límites antes que una zona propiamente tal. La línea de pleamar viva equinoccial se utiliza con frecuencia para su delimitación.
- **Frente Litoral:** Es la parte terrestre entre el borde litoral y las tierras litorales. Es una franja relativamente estrecha, y aparece delimitada por la distancia entre la cual se puede ver el mar, la existencia de una vía de comunicación o de determinados ecosistemas o una distancia arbitraria que frecuentemente aparece en las legislaciones nacionales o textos constitucionales, variando entre 20 y 200 metros. Juega un rol destacado para el acceso y propiedad públicos, para la seguridad respecto de amenazas naturales, para la protección de hábitats sensibles. Incluso, cuando éstas no tienen carácter público, las limitaciones de la propiedad privada y sus servidumbres también confieren a dicha zona condiciones muy especiales.
- **Tierras Litorales:** Constituyen desde un punto de vista cualitativo, la parte terrestre litoral por excelencia. Coincide con la amplitud de la que podría denominarse llanura costera cuyos límites pueden aparecer señalados a partir de sistemas de estructuras falladas, rupturas de pendiente, topografía accidentada, llanuras de piedemonte, de sierras litorales. En varios países la cifra de los 5 kilómetros es muy utilizada. Buena parte de las necesidades humanas se satisfacen en dicha zona.
- **Tierras continentales:** se trata de una superficie indeterminada, relativamente amplia y en la que se desarrollan ciertas actividades que pueden incidir en el litoral. Así, es posible observar cómo en algunos planes y programas de gestión litoral son incorporadas las cuencas

hidrográficas y las tierras de agricultura intensiva. La razón estriba en la transferencia de costes ambientales que se observa entre dicha área y la propiamente litoral.

Por su parte, la República de Chile ha establecido una serie de definiciones con respecto a la zona costera en las distintas leyes dictadas para esta área, las cuales se citan a continuación:

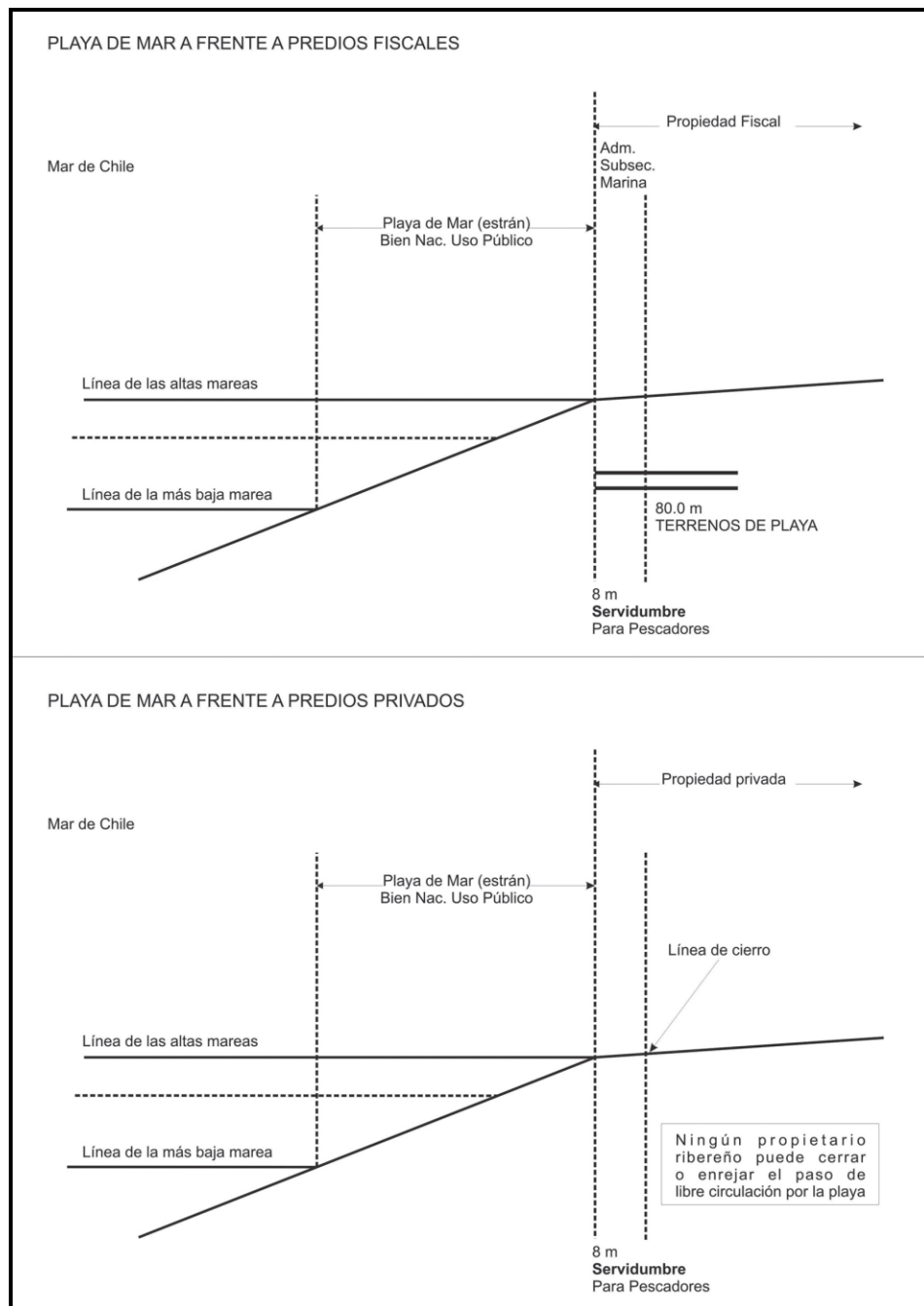
La política Nacional de uso del Borde Costero del litoral de la República define al **borde costero del litoral** como aquella “Franja del territorio que comprende los terrenos de playa fiscales, la playa, las bahías, golfos, estrechos y canales interiores, y el mar territorial de la República, conforma una unidad geográfica y física de especial importancia para el desarrollo integral armónico del país” (D.S. 475).

La **zona costera** es definida en proyectos operacionales (GTZ), corresponde al área comprendida por el Mar Territorial de la República (12 millas marítimas contadas desde la línea de costa) y el territorio Comunal de los Municipios costeros de la Región (Castro & Morales, 2006).

En lo que respecta a los **terrenos de playa**, estos se definen como una “Faja de terreno de propiedad del fisco de hasta 80 metros de ancho, medida desde la línea de playa de la costa del litoral y desde la ribera en los ríos y lagos para los efectos de determinar la medida señalada, no se considerarán los rellenos artificiales hechos sobre la playa o fondos de mar, río o lago (D.S. 660/88).

Una **playa de mar** es la “Extensión de tierra que las olas bañan y desocupan alternativamente hasta donde llegan las más altas mareas” (D.S. 660/88). En la siguiente figura se pueden visualizar las definiciones legales de playa de mar frente a predios fiscales y frente a predios privados.

Figura 2: Definiciones legales de playa de mar



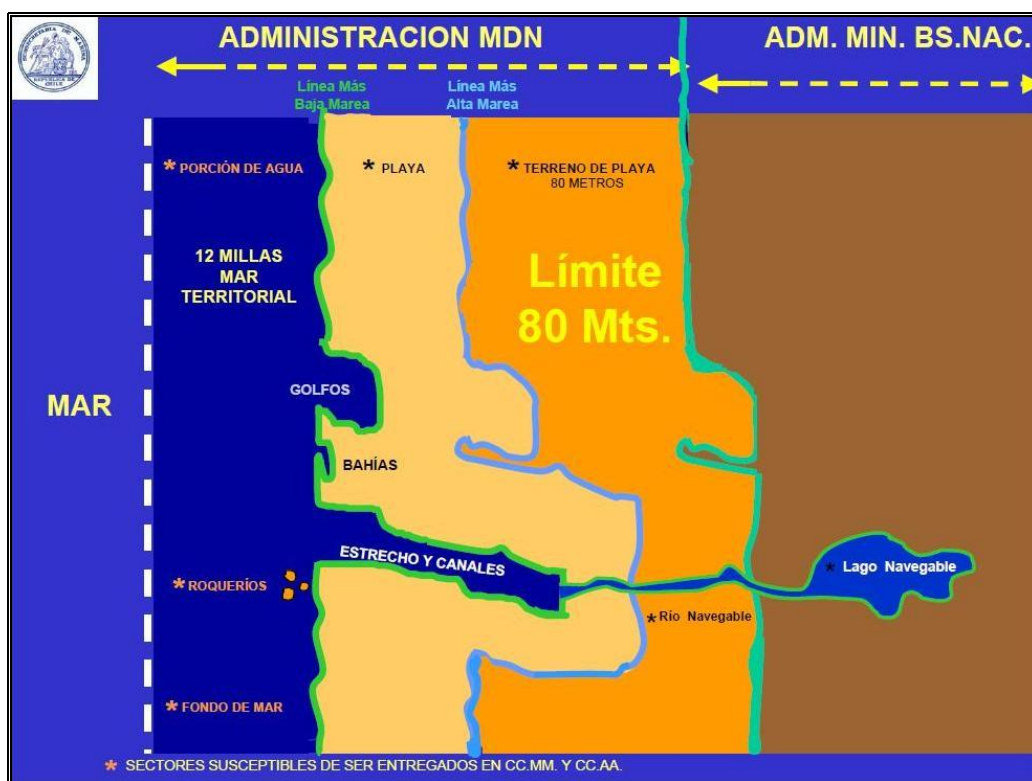
Fuente: Adaptado de Ministerio de Bienes Nacionales de Chile (1997), por Andrade et al. (2008)

La **línea de playa** corresponde de acuerdo con lo estipulado en el artículo 594 del código Civil, al "Deslinde superior de la playa según hasta donde llegan las olas en las más altas mareas y, por lo tanto, sobrepasa tierra adentro a la línea de pleamar máxima o línea de las más altas mareas" (D.S. 600/88).

Por último, la **zona de protección costera** corresponde a un “Área de tierra firme de ancho variable, de una extensión mínima de 80 metros medidos desde la línea de playa, en la que se establecen condiciones especiales para el uso del suelo, con el objeto de asegurar el ecosistema de la zona costera y de prevenir y controlar su deterioro” (D.S. 89/98).

En la figura 3 se muestra un esquema del Borde Costero Litoral, en donde se especifica de forma clara los límites de cada espacio costero (mar territorial, playa, terreno de playa), a quién corresponde su administración, entre otros.

Figura 3: Borde Costero Litoral



Fuente: Comisión Nacional del uso del Borde Costero [en línea] [fecha de consulta: 7 de junio de 2010] disponible en <http://www.bordecostero.cl>

2.2. Formación y dinámica de los paisajes costeros

Los paisajes costeros se deben en gran medida a dos agentes mecánicos naturales principales representados por las olas y la marea.

1. **Las olas:** las olas son producidas por la acción del viento y su desplazamiento está acorde a la dirección del viento que sopla.

Muchas zonas costeras tienen una suave pendiente que se extiende mar adentro. A medida que las olas se aproximan a esta zona de escasa profundidad, llega el momento en que el movimiento orbital de las mismas queda alterado por el rozamiento del fondo. Como regla general, esta profundidad crítica es aproximadamente la mitad de la longitud de onda. Al continuar acercándose a la orilla, la longitud de onda disminuye mientras la altura de la ola aumenta, y así la onda se hace inestable. En un momento dado, la cresta de la ola se mueve hacia delante y la ola rompe (Strahler & Strahler, 1989).

2. **Las mareas:** las mareas corresponden al ascenso y descenso rítmico del nivel del mar bajo las cambiantes fuerzas de atracción del sol y de la luna sobre la tierra.

El ascenso y descenso del agua provocados por las mareas producen movimientos del agua, conocidos como *corrientes de marea*, en las bahías y estuarios. Cuando la marea comienza a ascender, se origina una corriente denominada *flujo*, que se detiene en el momento en que el agua está en su punto máximo. Cuando la marea comienza a descender, se produce una corriente río arriba, llamada *reflujo* (Strahler & Strahler, 1989).

2.3. Riesgos de origen natural asociados al mar

2.3.1 Tsunamis

Un tsunami es una palabra japonesa designada para expresar una gran “ola de puerto” (Satake & Atwater, 2007), y corresponden a un tren de olas largas con un período que va de varios minutos hasta una hora, generadas en el océano, que se propagan a gran velocidad en todas las direcciones desde su punto de origen. Estas olas al aproximarse a la costa sufren alteraciones y deformaciones en su velocidad y altura, alcanzando grandes proporciones, por lo que descargan su energía, con un gran poder destructor (Lagos, 2000).

En el desarrollo de un tsunami se pueden distinguir tres etapas. En primer lugar, se genera una onda a causa del desplazamiento del fondo submarino, que se comienza a difundir desde su fuente de origen. Después de ocurrido esto, la siguiente etapa es la propagación de esta onda alrededor del océano a grandes profundidades. El último proceso que se observa es el avance de

la onda en la zona aledaña a la costa, correspondiente a la plataforma continental, donde hay un descenso en profundidad del fondo marino, distorsionándose así el perfil de la onda, aumentando considerablemente en altura y disminuyendo su velocidad hasta alcanzar la costa produciendo una inundación (Ayala-Carcedo & Olcina, 2002).

Mecanismos generadores de tsunamis:

El principal mecanismo generador de tsunamis son los de origen tectónico, que causan cerca del 75% de los tsunamis registrados (Laboratorio de Tsunamis, Novosibirsk, Rusia, 2005), y para que un terremoto tenga potencial tsunamigénico, este debe presentar magnitudes superiores a 6.5 en la escala de *Richter*, hipocentros superficiales (inferiores a 60 km) y epicentros oceánicos y continentales cercanos a la línea de costa (Lagos, 2000).

También se observan otros mecanismos generadores de tsunamis como lo son los originados por desplazamientos de laderas y taludes submarinos (como es el caso del tsunami originado en el Fiordo Aysén el año 2007), correspondientes al 10% de los tsunamis registrados, los de origen volcánico, mecanismo relativamente infrecuente, causando sólo el 5% de los tsunamis que ocurren en el mundo. Dentro de los demás mecanismos, que son aún menos frecuentes se pueden encontrar los originados por el desprendimiento de glaciares o el impacto de meteoritos en el océano (Gusiakov, 2005).

Comportamiento de los tsunamis en tierra

Una vez que los tsunamis impactan sobre la costa se pueden distinguir cuatro procesos en torno a la inundación, los cuales se describirán a continuación:

1. Cota máxima de inundación (*run-up*): esta corresponde de acuerdo a Bryant (2001), a la cota (altura) máxima de inundación en metros sobre la superficie costera, y esta varía según la configuración de la línea de costa.

El run-up se puede estimar aplicando la siguiente fórmula:

$$H_{rmax} = 2,83 \sqrt{(\cot \beta)} H^{1,25}$$

Donde:

- **H_{rmax}**= Máxima altura de run-up sobre el nivel medio del mar
- **H**= Altura del ola del tsunami sobre la costa.



- **B=** Pendiente del lecho oceánico.

2. Penetración tierra adentro: esta, de acuerdo a Bryant (2001), corresponde a la inundación horizontal de un tsunami sobre vastas zonas costeras. Es la distancia máxima medida en metros que puede alcanzar un tsunami en la costa, calculada a través de la siguiente fórmula:

$$X_{max} = 1.000 (0,5H)^{1,33}$$

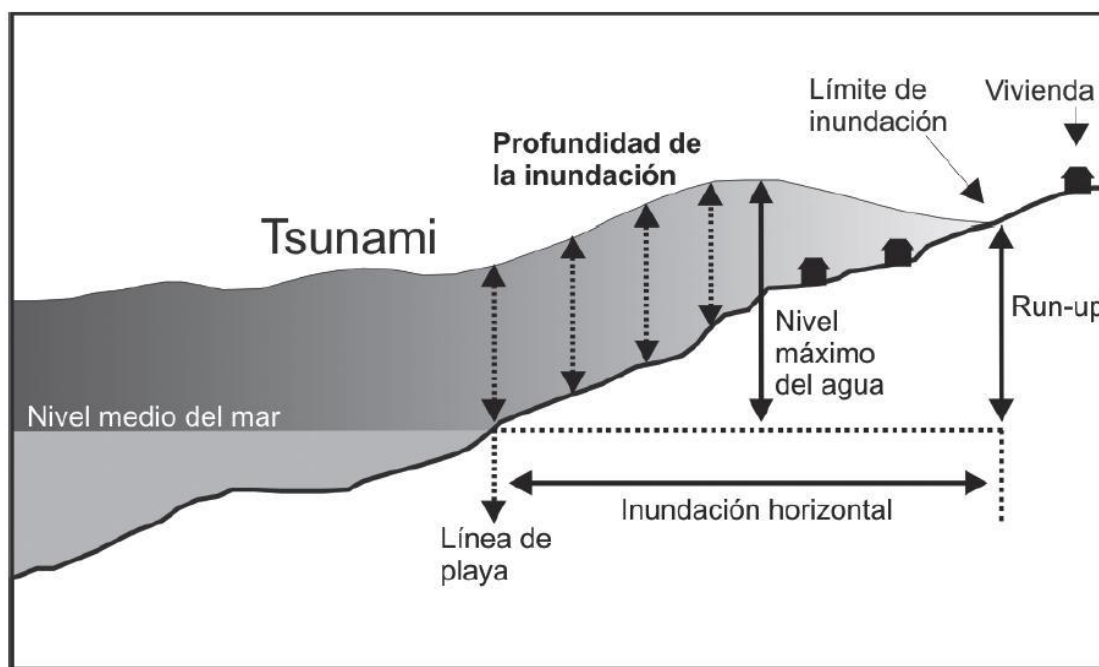
Donde:

- **Hmax=** Límite de incursión del tsunami desde la línea de costa hacia el interior.
- **H=** Altura máxima del tsunami en la costa medida en metros.

3. Profundidad de la inundación: corresponde a la altura de la columna de agua sobre el terreno, sin considerar variables como la altitud y la topografía, y así, puede causar muchos daños en terrenos planos, al ser mayor la profundidad de la columna de agua que inunda estas zonas (Bryant, 2001).

4. Velocidad del flujo: esta corresponde a la velocidad con la cual el tsunami penetra hacia el interior. De acuerdo a Walsh et al. (2005), una velocidad de flujo mayor a 5m/s hace que sea imposible para una persona mantenerse de pie.

Figura 4: Esquema del comportamiento de los tsunamis en tierra



Fuente: Modificado de UNESCO- IOC, 2006, en Lagos et al. 2008.

Poder destructor de un tsunami:

Si bien la magnitud de los efectos producidos por un tsunami tienen una relación directa con las características antes descritas, también depende de las características de los asentamientos humanos localizados en la zona costera.

La dinámica de los tsunamis en un territorio determinado tiene un grado de alta complejidad, al depender de factores como el período, la altura de la ola, la topografía, la batimetría, entre otros, que van a incidir en la generación de daños de mayor o menor intensidad. Así, cuando las ondas de un tsunami son de período corto, llegan a la costa con una corriente fuerte, pero cuando estas son de período largo, la inundación de la zona costera se produce con una corriente menor.

Por otro lado, mientras mayor es la altura de la inundación, significa que la energía acumulada es mayor, por lo que la extensión territorial que va a abarcar la inundación provocada por el tsunami va a depender de la morfología y pendientes presentes en el terreno.

En lo que respecta a las formas y variaciones presentes en la batimetría submarina presentes en la línea de costa, estas tienen una influencia directa con el potencial energético del tsunami, ocasionando una amplificación o atenuación de las ondas. Por su parte la topografía costera influye de forma directa en la penetración de las ondas del tsunami por sobre la superficie, debido a que cuando la pendiente es abrupta, la zona inundada va a ser menor a cuando la pendiente es baja y los terrenos son planos, donde la inundación puede abarcar varios kilómetros tierra adentro.

Impacto de un tsunami en el medio construido:

Los tsunamis impactan sobre el espacio construido y su entorno, arrasando con todo lo que encuentra a su alrededor, situación que se refuerza con la colisión de los objetos que están siendo arrasados por la corriente, y cuando la masa de agua fluye de vuelta hacia el océano (backwash), los escombros arrastrados generan que la fuerza del flujo se haga cada vez mayor, arrasando con las estructuras debilitadas, y luego depositándolos en zonas distantes de su posición inicial (Castro et al. 1999).

De acuerdo a Lagos et al. (2008), el potencial destructor de un tsunami se da como el resultado de la inundación, el impacto de las olas sobre las construcciones y la erosión. Las ondas tsunamigénicas aplican fuerzas en las estructuras en la forma de presión hidrodinámica, flotabilidad, levantamiento, socavamiento e impacto de objetos arrastrados por la corriente. Así, los daños producidos por un tsunami se originan cuando la masa de agua, seguida por la fuerte corriente tanto de flujo como de refluo, impacta sobre el medio construido.

El nivel de daño en viviendas depende de la profundidad de la inundación sobre el terreno, la velocidad del flujo y el tipo de construcción. Shuto (1993) analiza el impacto producido por diferentes tsunamis en viviendas, relacionando el tipo de construcción y la profundidad de la inundación. Se deja en evidencia acá, que las construcciones livianas son las más afectadas en comparación con las estructuras de concreto reforzado (Lagos et al. 2008).

Kuroiwa (2004), en Lagos et al. (2008), propone que las construcciones con estructuras de concreto reforzado y ladrillo, con sus fundaciones protegidas contra la erosión y con muros paralelos a la dirección del avance de las olas, han podido resistir de una mejor manera el impacto de las olas del tsunami, a diferencia de las viviendas ligeras, sin el debido anclaje a sus fundaciones, han sido arrastradas y generalmente destruidas.

Tipo de vivienda

● Resiste
□ Daño Parcial
X Daño total

Profundidad de la inundación (m)

Tipo de vivienda	Profundidad de la inundación (m)	Estado
Madera	1	Resiste
Madera	1.5	Resiste
Madera	1.8	Daño total
Madera	2.2	Daño Parcial
Madera	2.5	Daño Parcial
Madera	2.8	Daño total
Madera	3.0	Daño total
Madera	3.2	Daño total
Madera	3.5	Daño total
Madera	4.0	Daño total
Ladrillo, piedra, concreto	1.8	Resiste
Ladrillo, piedra, concreto	2.5	Resiste
Ladrillo, piedra, concreto	3.5	Resiste
Ladrillo, piedra, concreto	7.5	Daño total
Ladrillo, piedra, concreto	20.0	Daño total
Piedra y acero	3.8	Resiste
Piedra y acero	20.0	Daño total
Concreto reforzado	1.5	Resiste
Concreto reforzado	2.8	Resiste
Concreto reforzado	3.0	Resiste
Concreto reforzado	3.5	Resiste
Concreto reforzado	5.0	Resiste
Concreto reforzado	5.2	Resiste
Concreto reforzado	5.5	Resiste
Concreto reforzado	5.8	Resiste
Concreto reforzado	20.0	Daño total
Hierro	18.0	Resiste

2.3.2. Marejadas o Inundaciones marinas

En términos generales, una inundación corresponde a un cuerpo de agua que ocupa una porción del terreno que, en condiciones normales, permanece por encima del nivel de los cuerpos de agua que lo rodean (Kingma et al. s.f)

Las marejadas o inundaciones marinas causadas por tormentas, son un aumento anormal del nivel medio del mar generadas por la acción de fuertes vientos que soplan hacia la costa, o por celdas de baja presión y tempestades oceánicas. Este fenómeno se caracteriza, como su nombre lo indica, por un estado muy agitado muy agitado de la superficie oceánica, con grandes olas que afectan a la costa, las que pueden, dependiendo de su magnitud, provocar grandes destrozos en instalaciones portuarias, embarcaciones e infraestructura ribereña en general (ONEMI, 2009).

Los factores climáticos que generan las inundaciones marinas son los siguientes:

1. **Dirección y potencia del viento:** el viento, por su capacidad arrastrar agua, se constituye así como un factor capaz de generar una sobreelevación del nivel del mar en la costa. Para que esto ocurra, se deben dar condiciones de magnitud del viento por encima de los 20m/s, y ciertas condiciones de la configuración de la línea de costa (Medina & Méndez, 2006).
2. **Intensidad de los sistemas de baja presión:** el viento, por definición, se genera por diferencias de presiones. Así, cuando en un determinado momento hay presencia de un centro de baja presión, se va producir un movimiento de masas de aire desde una zona en donde haya un centro de alta presión hacia el centro de baja, para generar de esta manera un equilibrio barométrico. Mientras más intenso sea el centro de bajas presiones, mayor movimiento de masas de aire (viento) va a haber para que se establezca el equilibrio.

Otros factores que inciden en la generación de inundaciones costeras:

1. **Nivel de las mareas:** las mareas son el resultado de las atracciones gravitacionales entre la Tierra, la Luna y el Sol, y tienen un rol geomorfológico fundamental de elevar y bajar el nivel de ataque de la ola sobre el terreno (Castro & Morales, 2006). El accionar de esta en la dinámica de las inundaciones marinas, genera que se traten por separado dos subtipos de marea.
 - I. Marea Meteorológica: es una oscilación del nivel del mar que se debe a la acción conjunta de la presión atmosférica y el arrastre del viento, y su período puede variar desde varios minutos a días.
 - II. Marea Astronómica: es una oscilación del nivel del mar de carácter determinista cuyo período de oscilación varía entre las 12 horas y los 19 años. Esta juega un papel de “laminación” de los eventos extraordinarios de inundación costera, puesto que la coincidencia de un evento de oleaje y marea meteorológica extremos coincidiendo con una marea viva equinoccial tiene un período de ocurrencia mayor. Lo habitual es que en dichos eventos hidrometeorológicos extremos sucedan con mareas medias y, por tanto, se atenúen los efectos de la sobreelevación del nivel medio del mar (Medina & Méndez, 2006).
2. **Geometría del fondo marino o batimetría:** al ser la profundidad crítica para que una onda marina “rompa”, la mitad de la longitud de onda de esta, la batimetría va a incidir en la intensidad de la inundación costera. Al ser estas ondas generadas por fuertes vientos al interior del océano, la longitud de onda es mayor a la de una ola de viento generada en la costa. Si el fondo marino tiene una pendiente abrupta donde las profundidades descienden rápidamente, la altura de la ola va a ser cada vez mayor al descender la longitud de la onda. Si la pendiente del fondo marino es más moderada, la altura de la ola no va a descender de forma tan abrupta como

ocurre en el caso contrario, por lo que la batimetría va a incidir en una amplificación o atenuación de las ondas.

Esto es debido a que la altura de la ola está inversamente relacionada con la profundidad del fondo oceánico. A mayor profundidad, menor es su altura, por lo que al irse acercando a la costa, las olas alcanzan mayor altura al disminuir la profundidad, y pueden llegar a ser muy destructoras.

3. **Naturaleza de la línea de costa:** la topografía costera influye de forma directa en la penetración de las olas por sobre la superficie, debido a que cuando la pendiente es abrupta, la zona inundada no va a tener mayor significancia, situación muy distinta a lo que podría ocurrir en terrenos planos y con poca pendiente, donde la inundación abarca una mayor parte del territorio, y con una mayor intensidad, al no ir disipándose la energía, al encontrar obstáculos en el terreno.

Mecanismos generadores de marejadas en Chile:

Las marejadas en Chile están asociadas a la formación de frentes oceánicos en la zona de convergencia que existe de forma casi permanente en las zonas templadas.

En esta zona confluyen en superficie los vientos fríos procedentes de las altas presiones polares y los templados procedentes del cinturón de altas presiones subtropicales. Las masas de aire que se ponen en contacto son de características tan diferentes, que no se produce una mezcla de aire, sino que se mantienen separadas por una estrecha superficie conocida como frente polar.

Como consecuencia del efecto de Coriolis, si la circulación del aire alrededor del frente adquiere características de una configuración anticiclónica, las masas de aire tienden a mezclarse y el frente se destruye, pero si este adquiere una circulación ciclónica las masas de aire se mantienen separadas.

Al existir una gran diferencia de temperatura y densidad entre las dos masas de aire, la masa fría tiende a posicionarse por debajo de la cálida, y estos movimientos ascendentes son los responsables de las precipitaciones asociadas a los frentes (Centeno, 2008).

Al haber diferencias de presión entre estas dos masas de aire, estas tienden a desplazarse, y así se comienzan a acercar al continente con la dirección del viento predominante

en nuestras costas (SW), generando marejadas en el litoral a causa de la formación de olas por el viento.

2.4. Amenaza de tsunami y marejadas en Chile

Dada la localización de las costas de Chile, frente a una zona de subducción cortical de aproximadamente 4.000 kilómetros donde confluyen las placas Sudamericana y de Nazca, genera la existencia constante de amenaza de tsunami en nuestro país (Lagos, 2000), y las estadísticas demuestran que el 40% de los tsunamis registrados más destructivos del mundo se originaron exclusivamente en Chile (Lagos & Cisternas, 2004).

En cuanto a las marejadas, la situación se repite. Todo el borde costero chileno es propenso a sufrir las consecuencias de las inundaciones marinas en el litoral. En la siguiente tabla se expone la geomorfología litoral regional de Chile, con sus procesos oceanográficos dominantes, para poder comprender mejor la amenaza de marejadas en las costas del país.

Tabla 3: Geomorfología litoral Regional de Chile, con sus procesos oceanográficos dominantes

TRAMO LITORAL	GEOFORMA CARACTERÍSTICA Y SU ESTADO	PROCESOS OCEANOGRÁFICOS DOMINANTES
Zona Norte (18° a 27° S) Arica a Copiapó Clima desértico litoral (Bsn)	Megacantilado costero (700 metros de altura), terrazas marinas holocénicas y playas de bolsillo. Plataforma submarina estrecha y presencia de la fosa submarina de Atacama (6980 metros de profundidad)	Oleaje SW. Mareas con amplitud media a baja (1-2 metros) y régimen mixto
Zona Centro-Norte (27° a 33° S) Copiapó a Valparaíso Clima mediterráneo a perárido	Playas frecuentes y dunas bien desarrolladas, bahías y playas de bolsillo. Estabilidad de playas.	Oleaje SW. Aportes fluviales periódicos menores. Mareas con amplitud media a baja (1-2 metros) y régimen mixto.
Zona Centro-Sur (35° a 41°30' S) Valparaíso a Puerto Montt Clima mediterráneo a templado húmedo	Playas extensas con dunas activas e inactivas estabilizadas. Al sur de 36° lagunas costeras y algunas barras. Alternancia de acantilados duros y blandos. En margen continental cañones submarinos. Tendencia a la subsidencia tectónica y retroceso reciente de algunas líneas arenosas.	Olas del W y olas de tormenta. Aportes fluviales mayores (torrencial) Mareas con amplitud media a baja (1-2 metros) y régimen mixto Excepción de la ocurrencia de estos procesos en dicho tramo del litoral: mar continental de Chiloé con amplitud media a fuerte (2-7 metros)
Zona Austral (41°40' a 56°) Canal de Chacao a Cabo de Hornos	Costa desmembrada: fiordos, canales, golfos de origen glacial, fluvioglacial y tectónico.	Olas de tormenta de mar abierto. Aportes fluviales menores. Mareas con amplitud media a baja (1-3 metros) y régimen mixto

Fuente: Modificado de Barragán et al. (2004)

2.5. Estructuras de Protección Costera y del Litoral

2.5.1. Estructuras de protección costera:

Como una primera aproximación a las estructuras de protección costera, se puede hablar de los mecanismos naturales de protección de la costa, que corresponden a las **dunas litorales**, que corresponden a la acumulación de arenas marinas por la acción eólica, y que cubren un sector de la zona costera.

La cobertura vegetal, aunque parece escasa, actúa como una barrera que detiene la arena de la playa, impidiendo que se extienda por la tierra adyacente. Como resultado de esto, la línea conformada por las dunas se convierte en una estructura de protección costera que se eleva por varios metros por sobre el nivel de la marea alta, por lo que actúa como una barrera que protege a la zona costera de inundaciones tanto de tsunamis como marejadas, deteniendo la inundación, o disipando gran parte de la energía de la inundación antes de que esta penetre tierra adentro (Strahler & Strahler, 1989; Castro & Morales, 2006).

Desde hace muchos siglos el hombre ha buscado fijar la línea de costa de forma artificial para favorecer su asentamiento y la ocupación (Castro & Morales, 2006), debido a que son bien conocidos los efectos desastrosos que sobre la playa y las instalaciones construidas en primera línea de playa provocan los eventos geológicos y meteorológicos extremos (Alvarez et al. 2001).

Se destacan entre las estructuras de protección costera artificiales, las siguientes obras de ingeniería, de acuerdo a Castro & Morales (2006):

1. **Diques:** son estructuras cuya finalidad es proteger los terrenos y propiedades contra el daño de la fuerte acción de las olas. Por lo general su propio peso los mantiene en posición, y por ello cumplen la finalidad accesoria de retener la masa de tierra detrás de ellos.
2. **Muros de contención:** corresponden a estructuras más ligeras que los diques y su finalidad es proteger a la tierra del ataque de las olas y las corrientes suaves.
3. **Malecones:** tienen como función proteger a las tierras altas de la acción de las olas.
4. **Sandtainers:** este método viene a revolucionar la ingeniería costera, al proponer una obra de protección costera más sencilla y de bajo costo. De acuerdo a (Alvarez et al. 2001), estas corresponden a sacos rellenos con arena, que son de un material poroso que se diseñan de tal forma geométrica que sean resistentes a los volteos. Se instalan abriendo una zanja en la playa, en donde son colocados los sacos, y con el empleo de bombas hidráulicas se llenan con una mezcla de agua y arena, para que esta quede retenida al interior hasta compactar el saco. Luego de terminada la estructura, se cubre con arena y se reconstruye el perfil de la playa y de la duna.

En caso de producirse un temporal de características excepcionales o un tsunami que logren remover toda la arena de la duna, quedarían descubiertos los sandtainers y en ese momento cumplirían su función protectora.

2.5.2. Estructuras de protección del litoral:

De acuerdo a Castro & Morales (2006), la construcción de puertos, la navegación y la protección de las costas hacen necesario levantar estructuras en las aguas del litoral, entre las que destacan los muelles, rompeolas, espigones, escolleras y diques.

1. **Rompeolas:** corresponde a una estructura que penetra en el agua para dirigir y confinar la afluencia de agua en el canal. Estos estabilizan la ubicación de una bahía y protegen su entrada contra la acción de las olas.
2. **Espigones:** es una barrera parcial o total a la deriva litoral entre su extremo marítimo y el límite del golpe de las olas.
3. **Escolleras:** son estructuras de protección costera que actúan como barrera contra las olas. Al bloquear el oleaje la escollera crea una zona de energía reducida de las olas, una zona de calma y seguridad para las embarcaciones o para la creación de un puerto.

3. PLANIFICACIÓN TERRITORIAL DEL BORDE COSTERO

En términos generales, la planificación territorial corresponde a un proceso de intervención socio-gubernamental para conseguir el curso de los acontecimientos, buscando asegurar la máxima coherencia y eficiencia de las intervenciones en un determinado espacio (Arenas, 2010). Así, la planificación territorial se presenta como una acción o intervención deliberada que busca modificar, en un horizonte de tiempo, la estructura de un territorio por considerarla inadecuada, interviniendo sobre una o más de sus componentes.

La planificación territorial implica el desarrollo de planes y medidas para la implementación de ciertos objetivos y líneas de acción o directrices que definen un modelo del territorio futuro (Andrade et al. 2008).

3.1. Ordenamiento Territorial

La Carta Europea de Ordenación del Territorio, de 1983, define al ordenamiento territorial como “la expresión espacial de políticas económicas, sociales, culturales y ecológicas de la sociedad. Es a la vez una disciplina científica, una técnica administrativa y una política concebida como un enfoque interdisciplinario y global, cuyo objetivo es un desarrollo equilibrado de las regiones y la organización física del espacios según un concepto rector”.

Se puede afirmar entonces, que el ordenamiento del territorio representa un objetivo social, mediante un proceso racional de distribución espacial de las actividades, infraestructura y población acorde a las necesidades de esta, y a la capacidad de carga del medio natural. De acuerdo a Brignardello (1996), el fin último de la ordenación territorial es lograr la armonía entre el mayor bienestar de la población y la optimización del uso de los recursos naturales.

De acuerdo a Andrade et al. (2008), las normas de ordenamiento territorial corresponden a todas aquellas normativas jurídicas que tienen relevancia en la organización del territorio de acuerdo con los diferentes usos posibles del suelo, haciendo distinciones que tengan relevancia, por una parte, entre ordenamiento, planificación y gestión territorial, y entre normas directas e indirectas de ordenamiento territorial, por otra. Así, el término de ordenamiento territorial se refiere al desarrollo de lineamientos principales de planificación, y los instrumentos sirven para dicha acción.

3.2. Política Nacional del Uso del Borde Costero Litoral

En el contexto de un sistema de gestión costera para un espacio litoral restringido y frágil (Andrade et al. 2008) en donde se ha generado la necesidad de contar con ordenamientos jurídicos que regulen adecuadamente las actividades que se desarrollan en el borde costero, se dicta en 1994 mediante el Decreto Supremo N° 475 de la Subsecretaría de Marina, la Política Nacional del Uso del Borde Costero Litoral, que ordena la ocupación de dicho espacio.

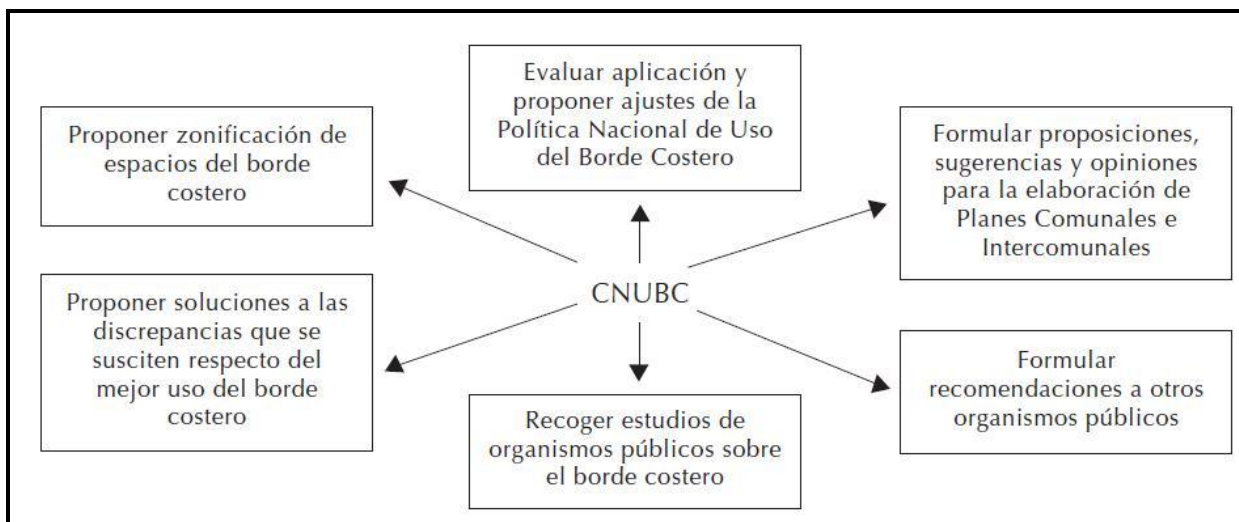
Mediante al mismo Decreto, se crea la **Comisión Nacional de Uso del Borde Costero** (CNUBC), que se constituye como la institución básica encargada de la planificación y gestión del borde costero de composición multisectorial, y cuya función principal es proponer al Presidente de la República acciones que impulsen la Política de Uso del Borde Costero.

Las funciones de dicha comisión son las siguientes:

1. Proponer una **zonificación** del borde costero: la zonificación de acuerdo a la Política Nacional del Borde Costero, PNUBC, corresponde al "proceso de ordenamiento y planificación de los espacios que conforman el Borde Costero del litoral, que tiene por objeto definir el territorio y establecer sus múltiples usos, expresados en usos preferentes y graficados en planos que identifiquen, entre otros aspectos, los límites de extensión, zonificación general y las condiciones y restricciones para su administración. La zonificación consiste en generar condiciones favorables a la conservación, al equilibrio medioambiental y social, y a la inversión pública y privada, proporcionando estabilidad y certeza respecto del uso sustentable de los espacios contenidos en el Borde Costero Litoral" (PNUBC, 2008).
2. Elaborar un informe para evaluar la implementación de la Política.
3. Formular propuestas a las autoridades encargadas de elaborar Planes Comunales e Intercomunales, a fin de que exista coherencia en el uso del borde costero del litoral.
4. Proponer soluciones a discrepancias que se susciten respecto al mejor uso del borde costero.
5. Recoger estudios y formular recomendaciones a otros órganos de administración del Estado.

Las atribuciones que se le dan a la CNUBC en la Política Nacional, tienen un carácter fundamentalmente consultivo, de acuerdo al artículo N° 2 del D.S. 475, como se puede visualizar en el cuadro 1.

Cuadro 1: Funciones básicas de la Comisión Nacional del Uso del Borde Costero Litoral



Fuente: Guijón (2007).

La CNUBC contará también con Comisiones Regionales de Uso del Borde Costero, las cuales tendrán como función principal entregar a la Comisión Nacional de Uso del Borde Costero, la propuesta de acciones tendientes a materializar en la respectiva Región, la Política Nacional de Uso del Borde Costero diseñada por el Gobierno, y esta dependerá funcional y administrativamente del Gobierno Regional respectivo.

3.3. Marco jurídico legal del Borde Costero Litoral

El Borde Costero del Litoral se encuentra sujeto al control, fiscalización y supervigilancia del Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría de Marina. De acuerdo a Andrade et al. (2008), "es en el borde costero donde se aplican de manera fundamental las normas de ordenamiento y gestión contempladas en el ordenamiento jurídico chileno para el litoral".

Andrade et al. (2008), proponen que el borde costero tal y como está concebido en la legislación chilena, corresponde a un espacio muy reducido sujeto a regulación especial lo que imposibilita abarcar de una manera integral y sistémica el análisis y la planificación de la zona costera en su totalidad, señalando

Los actores y organismos que tienen competencia en la regulación y gestión del borde costero son los siguientes:

- **La Dirección General del Territorio Marítimo y de Marina Mercante (DIRECTEMAR), y la autoridad marítima dependiente de ella y también de la Armada de Chile:** este es el organismo de la Armada, mediante el cual el estado de Chile cautela y vela por el cumplimiento de las leyes y acuerdos internacionales vigentes firmados por la Nación con el fin de proteger la vida humana en el mar, el medio ambiente, los recursos naturales que se desarrollan en el ámbito acuático de su jurisdicción, con el propósito de contribuir a un desarrollo armónico del espacio marítimo de la Nación (Directemar, 2010).

Este organismo entonces, tiene las funciones de dictar una política marina, informar sobre las concesiones de acuicultura otorgadas a SERNAPESCA y fiscalizar las actividades que se desarrollan en el mar.

- **La Armada de Chile:** sus atribuciones dentro del Borde Costero Litoral son las de fiscalizar el cumplimiento de las normas dictadas para dicha área.

- **Carabineros de Chile:** sus atribuciones, al igual que el rol de la Armada de Chile, son fiscalizadoras en el cumplimiento de normas dictadas para dicho espacio.

- **La Subsecretaría de Pesca:** dependiente del Ministerio de Economía, Fomento y Reconstrucción: esta corresponde a la instancia normativa del Ministerio de Economía para proponer una política pesquera y sus formas de aplicación (Castro & Morales, 2006). Entre sus funciones principales se encuentra la de la autorización y/o creación de planes de manejo pesqueros, dar autorizaciones de pesca, y generar informes técnicos para el Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado, SNASPE y otorgar concesiones marítimas, además de la elaboración de estudios técnicos para la determinación de áreas apropiadas para el ejercicio de la acuicultura.

- **El Servicio Nacional de Pesca:** este es el organismo encargado de ejecutar la política nacional pesquera, como también ser el ente fiscalizador encargado de velar por su cumplimiento. Entre sus principales funciones en el ámbito del ordenamiento territorial del borde costero se encuentran la de administrar los Parques Marinos Protegidos, el otorgamiento de áreas de manejo y explotación de recursos bentónicos a pescadores artesanales, generar informes técnicos para concesiones de acuicultura, contar con un registro actualizado de la pesca

artesanal y acuicultura y por último, ser un ente fiscalizador en el cumplimiento de las normas dictadas para el ámbito de su jurisdicción.

- **La Dirección de Obras Portuarias**, dependiente del Ministerio de Obras Públicas: corresponde a esta institución la supervigilancia, fiscalización y aprobación de estudios, proyectos, construcciones, mejoramiento y ampliaciones de toda obra Portuaria, Marítima fluvial o Lacustre, el dragado de los puertos y de las vías de navegación que se efectúen por los órganos de la Administración del Estado, sin perjuicio de las facultades de fiscalización y control de la construcción de puertos privados (Castro & Morales, 2006).

En cuanto a la regulación y gestión del Borde Costero, la dirección de obras portuarias tiene la y función de enviar informes técnicos a la CNUBC, en ámbitos de su competencia en dicha zona del país.

- **El Ministerio de Bienes Nacionales**: a esta institución se le dan las atribuciones de administrar y disponer de los bienes nacionales de uso público, correspondientes a los terrenos de playa, otorgar concesiones sobre los bienes fiscales y el de la creación de unidades de manejo del SNASPE.

- **Las Municipalidades**: si bien los Municipios del borde costero no tienen relevancia directa en la administración de los bienes nacionales de uso público, estos tienen la potestad de establecer zonas de protección costera sobre los terrenos urbanos aledaños al borde costero, aparte de elaborar Planes Reguladores Comunes e Intercomunales, destinados a las zonas urbanas o de expansión urbana, y administrar las playas.

- **La Subsecretaría de Marina**, dependiente del Ministerio de Defensa Nacional: a esta corresponde el control, fiscalización y supervigilancia de toda la costa y mar territorial de la República y de los ríos y lagos que son navegables por buques de más de 100 toneladas. Este organismo tiene la atribución para conceder el uso particular en cualquier forma de las playas y terrenos de playa fiscales dentro de una faja de ochenta metros de ancho medidos desde la línea de las más altas mareas de la costa, como asimismo de las rocas y fondos de mar, porciones de agua dentro y fuera de las bahías (Castro & Morales, 2006).

Este Organismo, aparte de las atribuciones anteriores, también tiene el deber de entregar concesiones y permisos marítimos y de acuicultura, como también otorgar las autorizaciones de pesca.

- **La Comisión Nacional de Uso del Borde Costero:** Esta es la institución básica encargada de la planificación y gestión del borde costero, cuyas funciones y atribuciones fueron explicadas anteriormente.

3.4. Instrumentos de Planificación Territorial del Borde Costero

Un instrumento de planificación territorial está definido como el desarrollo de planes y medidas para la implementación de los objetivos y directrices que definen las líneas principales de planificación urbana de un determinado territorio (Guijón, 2007).

Dentro de estos se encuentran los instrumentos directos, los cuales se refieren a aquellas normas jurídicas y documentos administrativos que tienen como objetivo principal, precisamente, la regulación del uso del suelo, como sucede con los planes reguladores comunales, intercomunales y metropolitanos; el plan regional de desarrollo urbano; la Política Nacional de Uso del Borde Costero o la Ley General de Urbanismo y Construcciones, y su Ordenanza. Por otro lado, los instrumentos indirectos son aquellos que tocan la regulación del uso del suelo incidentalmente pero de manera fundamental, a raíz de las materias que regulan, que no necesariamente están referidas a dicho uso (Guijón, 2007).

3.4.1. Instrumentos Directos de Planificación territorial del Borde Costero

De acuerdo con la Ley General de Urbanismo y Construcciones, la cual corresponde al cuerpo legal que contiene los principios, atribuciones, potestades, facultades, responsabilidades, derechos, sanciones y demás normas que rigen a los organismos, funcionarios, profesionales y particulares en las acciones de planificación urbana, urbanización y las construcciones, que se desarrollen en todo el territorio de la nación (Artículo 1º y 2º, LUGC), define cuatro niveles de acción en cuanto a la planificación territorial: nacional, regional, intercomunal y comunal.

Para efectos de un instrumento de planificación territorial del borde costero a nivel nacional, se dicta, como ya se mencionó, la PNUBC, con su respectiva Comisión, y las Comisiones Regionales, cuya meta implica el ordenamiento territorio de las 14 regiones de Chile para el Bicentenario (CNUBC, 2008).

En lo que respecta a los instrumentos de planificación territorial a nivel regional, por un lado están las CRUBC, y además los planes regionales de desarrollo urbano, que orientan el desarrollo de los centros urbanos de las regiones. Estos serán confeccionados por las Secretarías Regionales de Vivienda y Urbanismo, de acuerdo con las políticas regionales de desarrollo socio-económico.

En cuanto al nivel intercomunal, se dictarán estos planes, que regulan el desarrollo físico de las áreas urbanas y rurales de diversas comunas que, por sus relaciones, se integran en una unidad urbana (LGUC, artículo 34).

Considerando que el país está afecto a una gran cantidad de riesgos de origen natural derivados de la localización de Chile en el planeta, se definen áreas de riesgo o zonas no edificables de nivel intercomunal, para terrenos o zonas tanto urbanas como rurales (OGUB, artículo 2.1.7.).

El último nivel de planificación urbana en el país corresponden a los Planes Reguladores Comunes, PRC, los cuales son un instrumento de planificación territorial de carácter normativo para todas las obras de urbanización y de edificación que en el territorio planificado se emplacen, estableciendo para tal efecto Normas Urbanísticas, dentro de las cuales se encuentran los usos de suelo -tanto permitidos como no permitidos- coeficientes de ocupación del suelo, alturas máximas de edificación, densidades máximas, estacionamientos, franjas afectas a declaratorias de utilidad pública (para vías y parques), áreas de riesgo y áreas de protección entre otras (MINVU, 2010).

En las áreas rurales, el único Instrumento de Planificación territorial que puede establecer ciertas disposiciones normativas, es el Plan Regulador Intercomunal o Metropolitano, y se refieren, como ya se mencionó, a la definición de áreas de riesgo y zonas no edificables, al reconocimiento de las áreas de protección de valor natural y patrimonial, a la definición de la subdivisión predial mínima mediante al D.S. 3.516 sobre la "División de Predios Rústicos" (sólo cuando se trata de los planes metropolitanos de Santiago, Valparaíso y Concepción), y finalmente a establecer los usos de suelo, para los efectos de la aplicación del artículo 55 de la Ley General de Urbanismo y Construcciones.

En lo que respecta a los riesgos de origen natural, los PRC deben contener estudios de riesgos y de protección ambiental, que deben ser presentados a la Dirección de Obras Municipales, departamento encargado de aprobar las edificaciones que se realicen en cada

comuna, para las áreas urbanas del territorio comunal. Para aquellas zonas rurales, estas estarán reguladas por los Organismos Sectoriales que regulan el territorio, dictando normativas de ordenamiento territorial para el área de su jurisdicción, en las cuales se debe velar para que contengan los estudios de riesgo pertinentes.

3.5. Consideraciones con respecto a los riesgos de origen natural en los Instrumentos de Planificación Territorial:

La OGUBC estipula en el artículo 2.1.17., que en los planes reguladores podrán definirse áreas restringidas al desarrollo urbano, por constituir un peligro potencial para los asentamientos humanos.

Dichas áreas se llamarán de la siguiente manera:

1. **Zonas no edificables:** aquéllas que por su especial naturaleza y ubicación no son susceptibles de edificación, y sólo se aceptará la ubicación de actividades transitorias (corresponden a aquellas actividades que no requieren de una obra de infraestructura permanente, como lo pueden ser las ferias u otros servicios).
2. **Áreas de riesgo:** comprenden aquellos territorios en los cuales, previo estudio fundado, se limite determinado tipo de construcciones por razones de seguridad contra desastres naturales u otros semejante, que requieran para su utilización la incorporación de obras de ingeniería o de otra índole suficientes para subsanar o mitigar tales efectos.

Estas se determinarán en base a características que la hacen ser propensa a las consecuencias negativas que acarrea un riesgo de origen natural, y para los efectos de este estudio se establecen zonas inundables o potencialmente inundables, debido entre otras causas a la proximidad de lagos, línea de costa, entre otros; y también las zonas con peligro de ser afectadas por fallas geológicas.

Otro aspecto relevante a considerar, que si bien no constituyen instrumentos de planificación territorial con función privativa, son los esfuerzos realizados por el Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada, SHOA, al realizar cartas de inundación por tsunami para las principales zonas costeras del país, debido a que el conocimiento de la ciclicidad y los límites de inundación de los grandes tsunamis que han afectado a nuestro país en el pasado es un factor de gran peso en cualquier estudio de riesgo, conformando el insumo básico para planificar

y ordenar el borde costero (Lagos & Cisternas, 2004), pero el problema de estas cartas radica en que están confeccionadas a partir de eventos tsunamigénicos probables, y no considerando el peor escenario de un tsunami que podría afectar a una zona en específico.

3.6. Marco Normativo e Institucional de la Gestión costera con ingerencia en la prevención de riesgos de origen natural en Chile

Como ya se mencionó anteriormente, hay una gran cantidad de organismos que tienen ingerencia en la gestión y regulación del borde costero, pero sólo algunos de ellos tienen las facultades para prevenir la ocurrencia de desastres y catástrofes causados por fenómenos naturales.

A continuación se expone una tabla con todos aquellos actores y organismos que teniendo competencia en la regulación y gestión del borde costero, poseen ingerencia en la prevención de riesgos de origen natural.

Tabla 4: Competencia de los actores y organismos que regulan el borde costero en la prevención de riesgos de origen natural

Organismo	Mecanismo de prevención de riesgos de origen natural	Normativa general de ordenamiento territorial
Directemar	fiscalización	D.S. 660 de 1998 sobre las concesiones, control, fiscalización y vigilancia de la costa y mar territorial
	concesiones de uso	D.F.L. 340 de 1960 sobre Concesiones Marítimas
Armada de Chile	fiscalización	Ley 20.062, regulariza la situación de ocupaciones irregulares en el borde costero
Sernapesca	velar porque las concesiones de manejo de recursos cuenten con condiciones mínimas de seguridad ante eventos naturales extremos	D.F.L. 5 de 1983 sobre la Industria pesquera y sus derivados

	fiscalización	
Dirección de Obras Portuarias (D.O.P.)	velar para que en las obras portuarias del país se apliquen las medidas de seguridad ante tsunamis y marejadas	D.F.L. 206 de 1960 y Ley N° 15.840 del M.O.P. que fija las facultades de la D.O.P
	envío de informes a la CNUBC	
Ministerio de Bienes Nacionales	Concesiones de Bienes Nacionales	D.L. 1939 de 1977 sobre la Administración de Bienes del Estado
	Salvaguardar los parques marinos y costeros protegidos	Ley 18.362 crea al Sistema Nacional de Áreas Protegidas del Estado, crea también la CONAF pública (No vigente aún); D.L. 1.939 de 1977 entrega a M. de Bienes Nacionales, con informe favorable del M. de Agricultura, la potestad de crear y desafectar áreas por D.S.; Ley 19.300 sobre las Bases Generales del Medio Ambiente, que es la única que consagra al SNASPE
	creación de unidades de manejo del SNASPE	
Comisión Nacional de Uso del Borde Costero y Comisiones Regionales Respectivas, con el apoyo de la SUBDERE y la Subsecretaría de Marina	Zonificación del Borde Costero	D.S. 475 de 1994 de la Subsecretaría de Marina, que crea la Política Nacional del Uso del Borde Costero Litoral
Ministerio de Vivienda y Urbanismo con sus respectivas Secretarías Regionales	Normas que rigen la planificación urbana a nivel nacional, regional, intercomunal y comunal	D.F.L. 458 de 1976 actualizada por la Ley 20.389 de 2009 sobre las normas Generales de Urbanismo y Construcción
	definición de "áreas de riesgo" y/o "zonas no edificables" a nivel intercomunal	artículo 2.1.17 del D.S 56 y D.S. 58 de 2009 que actualiza la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción
Municipalidades	elaboración de Planes Reguladores Comunes	Ley 18.695 Orgánica Constitucional de Municipalidades, sobre las funciones y atribuciones de los municipios; artículo 41 del D.F.L 458 de 1976 actualizada por la Ley 20.389 sobre las normas Generales de Urbanismo y Construcción

	elaboración y aprobación de estudios de riesgos y de protección ambiental	artículos 1.4.19 y 2.1.17 del D.S 56 y D.S. 58 de 2009 que actualiza la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción
CONAF, Ministerio de Bienes Nacionales, Ministerio de Agricultura, Municipalidades, Servicio Agrícola y Ganadero, Gobernación Provincial, Carabineros	Creación de bioescudos en el borde costero como barreras ante inundaciones marinas	D.S 4.363 de 1931, que crea la Ley de Bosques

Fuente: Elaboración Propia

3.7. Mecanismos de prevención de riesgos de origen natural asociados a cada uno de los actores y organismos que regulan el borde costero

3.7.1. Directemar

La primera atribución que se le puede dar a este organismo en temas de prevención de riesgos de origen natural asociados al mar es la de velar porque en las concesiones marítimas, que, mediante el D.F.L. 340 de 1960 es de su competencia otorgarlas, se establezcan las medidas de seguridad pertinentes para que en caso de un fenómeno natural extremo no haya pérdida de vidas y de bienes materiales.

También al ser este organismo el que regula el mar territorial de la República, Directemar debe instalar las estructuras de protección del oleaje en caso de que sea necesario y pertinente para disipar la energía tanto de las marejadas como de los tsunamis. Hay que tener en cuenta en la construcción de estas estructuras los materiales a usar, los cuales deben ser lo suficientemente resistentes para que no sean arrastrados como parte del flujo de la inundación, por lo que se recomienda que estos sean de hormigón armado o roca anclada, con una forma hidrodinámica capaz de disipar la energía de las ondas marinas.

3.7.2. Armada de Chile

Si bien la Armada de Chile no tiene ingerencia en dictar leyes que regulen la prevención de riesgos de origen natural en el borde costero, este ente mediante la Ley 20.062 tiene la misión de fiscalizar el cumplimiento de las leyes dictadas por otros organismos para la prevención de tsunamis y marejadas en dicho espacio.

3.7.3. Sernapesca

Mediante al D.F.L. N° 5 de 1983 sobre la Industria pesquera y sus derivados, se le otorga al Servicio Nacional de Pesca la facultad de velar para que en las concesiones de manejo que se le otorgan a pescadores artesanales en la costa cuenten con medidas de seguridad ante la ocurrencia de tsunamis y marejadas en la costa, como lo son la prohibición de salir a pescar durante un evento de marejada, la construcción de infraestructura tsunami-resistente, como también propender al debido anclaje de los botes pesqueros que utilizan las personas a las cuales se les ha otorgado la concesión.

3.7.4. Dirección de Obras Portuarias

De acuerdo al D.F.L. 206 de 1960 y la Ley N° 15.840 del Ministerio de Obras Públicas, se fijan las facultades de la D.O.P. en donde le corresponde a esta institución la supervigilancia, fiscalización y aprobación de estudios, proyectos, construcciones, mejoramiento y ampliaciones de toda obra portuaria.

Por lo tanto, es a esta institución a la que le corresponde velar para que en los puertos se instauren todas las medidas de seguridad necesarias para que se prevenga la pérdida tanto de bienes materiales como de vidas humanas en los puertos provocados por tsunamis y marejadas.

Se proponen una serie de medidas a adoptar para la realización de esto, entre los cuales se pueden destacar los siguientes puntos:

- Instalación de obras de protección del oleaje en dirección contraria al viento predominante el cual acarrea las marejadas para que se generen procesos de difracción del oleaje y se logre disipar la energía de la onda antes de que esta llegue al puerto.

- Instalación de barcos en zonas que no estén frente a espacios construidos, para que no se transformen en elementos que luego colisionen con la infraestructura presente en el borde costero.
- Propender a que las embarcaciones que estén estacionadas en los puertos estén lo suficientemente amarrados para que estos no se desvíen en caso de tsunamis o marejadas. En el caso específico de los eventos tsunamigénicos, es preferible si el tiempo lo permite, que las embarcaciones evacuen hacia alta mar. En caso de que esto no sea posible, la UNESCO/COI (2008), propone que una combinación de amarre flojo y anclaje soltando mucha cadena puede reducir la posibilidad de que las embarcaciones se desvíen hacia la tierra.

3.7.5. Ministerio de Bienes Nacionales

En caso de que existiesen áreas protegidas del SNASPE en las zonas costeras, o algún sitio que por su diversidad faunística y/o biológica sea considerado como prescindible de conservar, se establecerá una categoría de manejo que será administrada por CONAF. Dichas áreas deben contar con un plan de manejo que considere mecanismos de prevención de riesgos de origen natural, como lo pueden ser:

- Localización de infraestructura para la realización de actividades recreativas en áreas seguras, y en caso de que esto no sea posible, la localización de esta tiene que estar cercana a una ruta de evacuación expedita.
- Tener un especial cuidado con las especies vegetales presentes en el área, para que estas se conviertan en un efecto amortiguador de la inundación causada por los tsunamis y marejadas, y no sean un elemento más que el flujo de la inundación va a arrastrar durante un evento.

3.7.6. Ministerio de Vivienda y Urbanismo, con las SEREMIS respectivas

De acuerdo al Artículo 27 de la LGUC, corresponde al Ministerio de Vivienda y Urbanismo la planificación Urbana, la cual está definida como el proceso que se efectúa para orientar y regular el desarrollo de los centros urbanos en función de una política nacional, regional y comunal de desarrollo socio-económico. Los objetivos y metas que dicha política nacional establezca para el desarrollo urbano serán incorporados en la planificación urbana en todos sus niveles.



La principal tarea de la planificación urbana basado en la preparación para eventos naturales extremos es disminuir en la medida en que sea posible la magnitud del daño mediante un adecuado uso del suelo. No obstante, las necesidades de construcción en las zonas costeras y del interior dependen del uso y ubicación para promover los negocios, el comercio y el uso residencial, por lo tanto es necesario promover una seguridad certera contra los eventos tsunamigénicos y de marejadas (UNESCO/COI, 2008).

Un aspecto relevante a considerar con respecto a las atribuciones del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, es el de dictar una ley de diseño de infraestructura tsunami- resistente, que considere la materialidad de la construcción en relación con la profundidad de la inundación y la velocidad del flujo, como la ley anti-terremotos que existe en la actualidad. La experiencia internacional indica que las edificaciones que mejor resisten frente a un tsunami son aquellas que le brindan la menor resistencia posible al paso del torrente de agua. Así, las edificaciones tsunami-resistentes son aquellas que se estructuran en base a columnas en todos aquellos niveles que se verán potencialmente inundados (Seremi de Vivienda y Urbanismo de Coquimbo, 2008)

3.7.7. Comisión Nacional de Uso del Borde Costero en conjunto con los Municipios

De acuerdo a la Ley 18.695 Orgánica Constitucional de Municipalidades, y al artículo 41 de la Ley General y Urbanismo y Construcción con su respectiva Ordenanza, es deber de los municipios elaborar Planes Reguladores Comunes, que estipulen los usos de suelo permitidos en las áreas urbanas de la comuna en cuestión.

En cuanto a la Comisión de Uso del Borde Costero, mediante al D.S. 475 de 1994, se le otorga a esta la misión de zonificar el borde costero de las 14 comunas costeras del país.

Es en la Planificación territorial del borde costero donde se genera una acción conjunta entre estas dos entidades. Por un lado, la CNUBC debe zonificar todo el borde costero de Chile, y por otro, los municipios mediante los PRC deben zonificar y regular el uso del suelo urbano de sus comunas, por lo que es en las áreas urbanas del borde costero que cuentan con un instrumento de planificación territorial vigente, en donde hay dos organismos encargados de la zonificación. El problema es resuelto de manera tal que en la zonificación general de la región que realiza la CNUBC deben estar contemplados e incorporados los PRC como el IPT que regula dicha zona, y

para aquellas áreas rurales presentes en el borde costero, es la Comisión con el mismo nombre, la encargada de zonificar y regular los usos del suelo.

Una primera aproximación a una adecuada zonificación considerando los riesgos de origen natural con que el borde costero de nuestro país convive, es el de elaborar estudios de antecedentes previos, para comprender las características particulares de cada región amenazada, debido a que los daños causados por los eventos naturales extremos en cuanto a su tipo y escala dependen en gran medida de las características particulares de cada región costera, así como la configuración, uso y desarrollo urbano.

3.7.7.1. Estudios de riesgo:

De acuerdo a los artículos 1.4.19 y 2.1.17 de la OGUC, corresponde a los municipios la elaboración de estudios de riesgos y de protección ambiental, ya que los resultados de los estudios de riesgo se deben traducir en un insumo básico en el momento de definir potenciales usos de suelo, vías de evacuación y zonas de seguridad, debido a que sin un claro conocimiento de qué áreas se encuentran en riesgo y el comportamiento de este, se hace imposible ordenar el territorio y desarrollar planes de respuesta ante una determinada amenaza (Lagos & Gutiérrez, 2005).

Acorde a esto, se presentan consideraciones mínimas a considerar en los estudios de riesgo de origen natural, en cuanto a la amenaza, para una adecuada ordenación del territorio, y reducir así la vulnerabilidad de este ante fenómenos naturales extremos.

- Estudio de las alturas de olas medias alcanzadas por eventos de marejadas para las localidades a zonificar:

Para que un estudio de alturas medias de olas de eventos de marejadas sea estadísticamente correcto, este debe contar con datos de por lo menos 30 años, y así se establece una altura media de ola, aunque siempre hay que tener en consideración las máximas alturas de olas alcanzadas durante el período de tiempo a estudiar, debido a que si bien la media aritmética de la altura de la onda es un buen indicador, la máxima altura nos indica un peor escenario.

- Modelación de un tsunami considerando el peor escenario:

Todos pudimos visualizar el impacto producido por el tsunami de 27 de febrero de 2010 sobre el medio urbanizado. Este evento nos enseñó el elevado costo que significa desconocer y subestimar el pasado de territorios que han sido afectados por tsunamis de gran magnitud, ya que en zonas de subducción la potencial exposición a futuros grandes tsunamis es permanente (Lagos & Cisternas, 2008).

De acuerdo a esto, Lagos & Gutiérrez (2005), señalan que la importancia de estudiar los tsunamis pasados radica en que estos se convierten en indicadores de lo que puede ocurrir en el futuro, generando la información de base para los estudios de riesgo, el ordenamiento territorial de las zonas costeras, el diseño de las medidas de mitigación y el manejo de la emergencia.

Hoy es prioridad la realización de modelaciones de tsunamis considerando el peor escenario sísmico-tsunamigénico conocido, utilizando una técnica de simulación numérica de campo cercano basado en un modelo no lineal denominado TSUNAMI-N2, permitiendo caracterizar el proceso de generación, propagación e inundación generada por las ondas en áreas costeras bajas. Estos resultados de simulación del tsunami deben ser validados con antecedentes y evidencias existentes del evento real (Lagos & Gutiérrez, 2005).

Se debe considerar en esta simulación el peor escenario conocido y no el evento probable, para contar con un mayor margen de seguridad que nos permita estar preparados. Esta información luego se traduce en mapas de riesgo de tsunami, instrumentos que luego le permiten a las autoridades tomar mejores decisiones en sus territorios, al ser el insumo básico para diferenciar el umbral entre la seguridad y el riesgo (Lagos & Cisternas, 2008).

- Investigación sobre los efectos de la topografía:

Los factores topográficos como la configuración de la línea de costa, la batimetría, entre otros, tienen gran incidencia en los daños causados por inundaciones marinas. A continuación se muestra una tabla con los efectos potenciales de la topografía de la zona costera frente a una inundación marina.

Tabla 5: Efectos potenciales de la topografía de la zona costera frente a eventos naturales extremos

Topografía	Efectos Potenciales
Bahía en forma de V	La concentración de la energía del tsunami aumenta el nivel de agua en toda la bahía
Extremo del cabo	Amplificación de la fuerza del tsunami debido a efectos resultantes de la topografía del lecho marino y la difracción producida por el cabo
Interior de la bahía	Amplificación de la fuerza del tsunami debido a los efectos de resonancia: una bahía relativamente corta amplifica un tsunami local; una bahía larga amplifica un tsunami distante
Costa con rías	Algunos de los efectos antes mencionados afectan una costa de rías
Islas	Las ondas afectan el perímetro de la isla: el choque de las ondas que se desplazan en el sentido de las agujas de un reloj y en sentido contrario elevan el nivel del agua. Aunque la parte posterior de la isla no se encuentre frente a la fuente de la onda, esta situación aumenta mucho más el nivel del agua
Plataforma continental poco profunda	La altura del agua del tsunami es proporcionalmente inversa a la raíz cuadrada de la profundidad del agua. Dicha profundidad también afecta la velocidad de propagación: cuanto más somera es el agua, más lenta es la velocidad. Posible concentración y amplificación del tsunami hacia las aguas someras
Banco de arena distante	En bancos de arena distantes y extensos, una sola onda del tsunami se divide en múltiples ondas
Topografía tierra adentro	Si la topografía tierra adentro es llana, las áreas de evacuación resultan escasas: recurrir a acantilados o terrenos altos dependiendo de la calidad de los caminos de acceso
Caminos costeros	Si los caminos a lo largo de la costa son suficientemente altos, pueden convertirse en verdaderos diques
Ríos y canales de agua	Alto riesgo de ingreso del run-up del tsunami por la desembocadura de los ríos que dan al océano

Fuente: (UNESCO/COI, 2008)

3.7.7.2. Planificación urbana:

Los planificadores urbanos, después de tener los estudios de riesgo pertinentes, deben zonificar el borde costero, y en este punto, se deben tener las siguientes consideraciones:

- Localización de establecimientos públicos esenciales:

Se debe propender a la prohibición de la localización de establecimientos públicos y de asistencia primaria en zonas de inundación. Estos centros corresponden a hospitales, cuarteles de carabineros y bomberos, fuerzas armadas, establecimientos educativos, sedes sociales y municipalidades, entre otros centros, que su funcionalidad posterior al evento es de vital importancia.

También se debe tener en consideración que no se deben localizar en áreas de inundación centros que acogen a población que su evacuación se hace dificultosa, como lo son los hogares de ancianos, cárceles, hogares de niños, etc.

- Trazado vial Urbano:

En cuanto al trazado urbano, se especifica claramente en el capítulo 3 de la OGUC las normas y directrices a considerar en el trazado vial urbano. En lo que respecta a la prevención de riesgos de origen natural en el borde costero, se debe considerar que las vías que se construyan en dicha área cuenten con las certificaciones de ser sismo-resistentes para que no colapsen durante un evento telúrico, y que éstas se configuren como rutas de escape ante marejadas y tsunamis (UNESCO/COI, 2008), además de que la pendiente de estas tenga una dirección hacia el mar, para conformarse como un efecto disipador de la energía de la inundación.

- *Rutas de evacuación:* De acuerdo a UNESCO/COI (2008), la ruta más directa y corta a las áreas seguras debe ser la máxima prioridad. Cuando las condiciones topográficas no son las más adecuadas para el trazado de dicha ruta, se debe propender a la utilización de mecanismos que ayuden a la evacuación, como la instalación de escaleras de emergencia, u otros mecanismos, considerando las características topográficas de cada zona en específico.

Las autoridades a cargo del trazado de las rutas de evacuación se deben plantearse las interrogantes en relación a cuán apropiada es la ruta seleccionada, si el camino es lo suficientemente ancho y la cantidad de carteles que se deben instalar para indicar que este camino corresponde a una ruta de evacuación.

Una vez trazada la ruta de evacuación, se debe calcular el tiempo en que la población se demora en evacuar las zonas de inundación hasta llegar a áreas seguras. El tiempo se calcula utilizando la distancia hasta la zona de seguridad y la velocidad con que se desplazan los

evacuados, que está establecido a una velocidad de caminata humana, y debe ajustarse al paso de los ancianos o las personas con discapacidad, en aquellas zonas donde se agrupan muchos residentes que reúnan esas características. Posterior al cálculo de los tiempos de evacuación, se cruza dicha información con el tiempo estimado del arribo de un tsunami a la costa, el cual debe ser mayor a los tiempos para evacuar.

También las infraestructuras portuarias deben contar con vías de evacuación expeditas hacia zonas seguras, para que los trabajadores de dichas áreas puedan evacuar de forma rápida.

- Altura de las edificaciones:

La altura de una edificación se determina mediante la multiplicación del número de pisos que contiene la infraestructura por 3.5 metros. Como primera consideración con respecto a la edificación en altura en el borde costero, se puede decir que se genera un conflicto entre las inmobiliarias y los demás residentes de esta zona, ya que nadie quiere tener un edificio de gran altura que obstaculice la vista directa al mar. Serán acá los encargados de elaborar IPT los que determinen mediante a una evaluación detallada, en que zonas se permite la construcción en altura y en cuales no, como también el número de pisos a permitir en cada área. A partir de esto, se dan las siguientes recomendaciones en cuanto a la altura de las edificaciones y sus usos recomendados:

- permitir la edificación en altura en aquellas zonas costeras que contengan un acantilado rocoso relativamente cercano a la línea de costa que no permita la evacuación horizontal. Para esto se propone que los edificios funcionen como mecanismo de evacuación vertical o en altura. En cuanto al uso de los primeros dos pisos de la edificación, no se permitirá el uso residencial buscando usos alternativos como localización de estacionamientos, servicios u otros que no pongan en peligro la vida de las personas.
- Para aquellas zonas costeras que se caracterizan por tener una vasta extensión muy llana y escasas variaciones altimétricas, se recomienda la construcción de palafitos. Para la construcción de estos se deben tener en cuenta primero los estudios de riesgo para determinar la altura media de las olas que causan eventos de marejadas en la costa, como también la profundidad de la inundación de un evento tsunamigénico. Una vez considerada la altura que debe tener la edificación, los cimientos de esta deben ser de concreto reforzado para que resistan las situaciones de riesgo causadas por fenómenos naturales extremos.

- Por último, en aquellas áreas costeras donde se cumplan las condiciones de que las personas sean capaces de evacuar a zonas seguras en un tiempo menor al del arribo de un tsunami, se puede permitir la construcción de viviendas de uno o dos pisos, con las normas tsunami-resistentes pertinentes, sin dejar de considerar que en estas áreas se deben privilegiar usos alternativos al residencial, como son el de la instalación de actividades transitorias o de servicios.

- Distancia entre las edificaciones:

De acuerdo a la distancia entre las edificaciones, la OGUC tiene bien estipulado las distancias permitidas de las edificaciones en cuanto a las fachadas con o sin vano y en cuanto a las rasantes, en el artículo 4.1.12 de dicha ordenanza.

En lo relativo a la prevención de riesgos de origen natural, lo que interesa acá es que las edificaciones tengan una separación lo suficientemente ancha para que la evacuación de las personas presente la menor cantidad de obstáculos posibles en el minuto de la evacuación, para no perder tiempo durante el proceso, garantizando así que las personas podrán estar localizadas en áreas seguras antes de que ellas puedan verse afectadas en su integridad física, o la posibilidad de perder su vida en el intento .

Para garantizar esto, el artículo 4.1.13 de la OGUC estipula que los PRC según sean las características ambientales, topográficas o de asolamiento, podrán disponer mayores exigencias para la distancia entre edificaciones que las señaladas en este artículo.

- Almacenamiento de sustancias peligrosas:

Los materiales peligrosos como lo son el petróleo y la bencina derramados, provocan daños secundarios durante los eventos de marejadas y tsunamis, por lo que es necesario garantizar que dichos materiales se almacenen de forma segura (UNESCO/COI, 2008).

Los tanques de almacenamiento deben estar enterrados, procurando tener la mayor cantidad de medidas de seguridad posibles para evitar un derrame de alguna de estas sustancias.

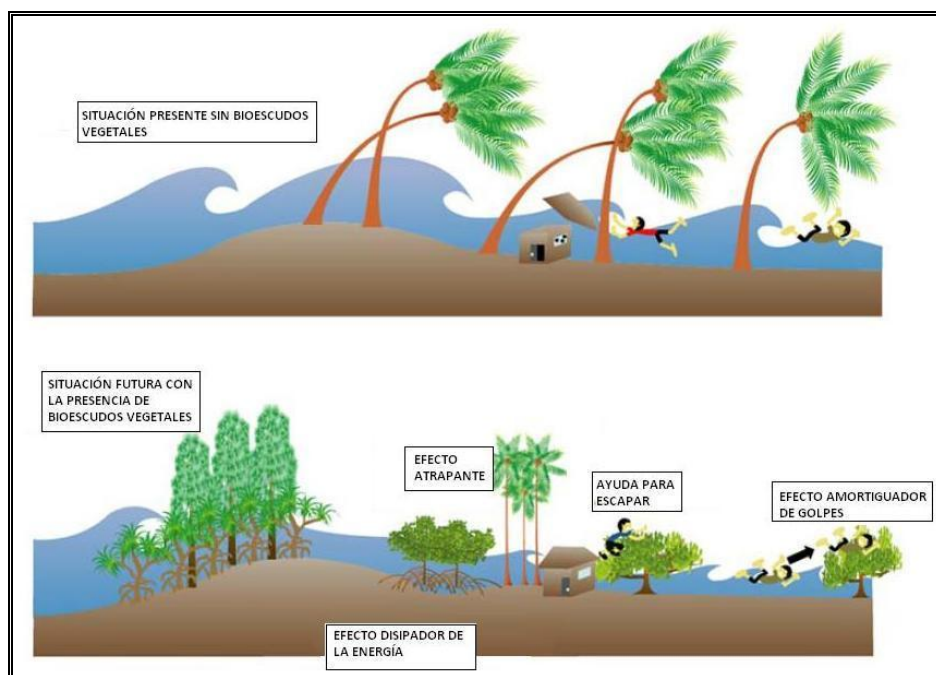
3.7.8. Corporación Nacional Forestal y organismos asociados

En términos generales, los bosques costeros son un método eficaz para reducir la velocidad del flujo de una inundación costera, al crear un bloque contra los escombros flotantes (UNESCO/COI, 2008), ya que el efecto de roce producido por la biomasa de especies arbóreas, en función del avance de las aguas de un tsunami, reduce los efectos en extensión de la inundación (Lagos, 1996).

Los bioescudos vegetales configuran un ecosistema natural con densas áreas de vegetación, compuesto por diversas especies vegetales arbóreas y herbáceas alineadas en capas de acuerdo a sus capacidades para amortiguar el impacto del evento. En cuanto a la composición de estos, las especies arbóreas deben ser relativamente altas, tener grandes diámetros de tronco, densas y corpulentas canopias y un grueso y ramificado sistema radical; las especies herbáceas por su parte, deben ser relativamente bajas, muy densas, con mucho follaje, hojas preferentemente acerradas o dentadas y rápidos períodos de crecimiento (Tanaka et al. 2009).

A continuación se muestra una imagen que ilustra la acción de los bosques costeros en la mitigación de los efectos de las inundaciones marinas en la costa:

Figura 8: Funciones de la vegetación costera en el transcurso de una inundación marina



Fuente: Modificado de Tanaka (2009).

Si bien a primera vista los bioescudos vegetales o bosques costeros constituyen un método de bajo costo y ambientalmente sustentable para mitigar los efectos de un tsunami marejadas sobre el medio construido, hay que tener una serie de consideraciones con respecto a esto.

Se debe tener en cuenta el conflicto que puede generar la instalación de un bosque con los demás usuarios del borde costero, ya que estos al tener que ser relativamente densos para que sean efectivos, obstaculiza la vista al mar para aquellas personas que se sitúan detrás de estos.

En lo que respecta a las especies a plantar en estos bioescudos vegetales, la situación ideal sería que cada lugar sea forestado con especies nativas de la zona, pero esto no se hace factible, al contar estas con largos períodos de desarrollo. Se configura así, que resulta más efectivo forestar las zonas costeras con especies exóticas introducidas como lo son el *pinus radiata* o el *eucalipto*, que cuentan con períodos de desarrollo relativamente cortos, de 15 a 20 años en promedio.

Siguiendo en esta misma línea, si bien las especies exóticas introducidas tienen un período de desarrollo corto, estas generan efectos negativos sobre los recursos hídricos de la zona, por lo que se debe realizar una evaluación de que si bien estos bosques son un buen método para mitigar el impacto de una inundación costera, pueden acarrear externalidades negativas para las actividades de las comunidades locales

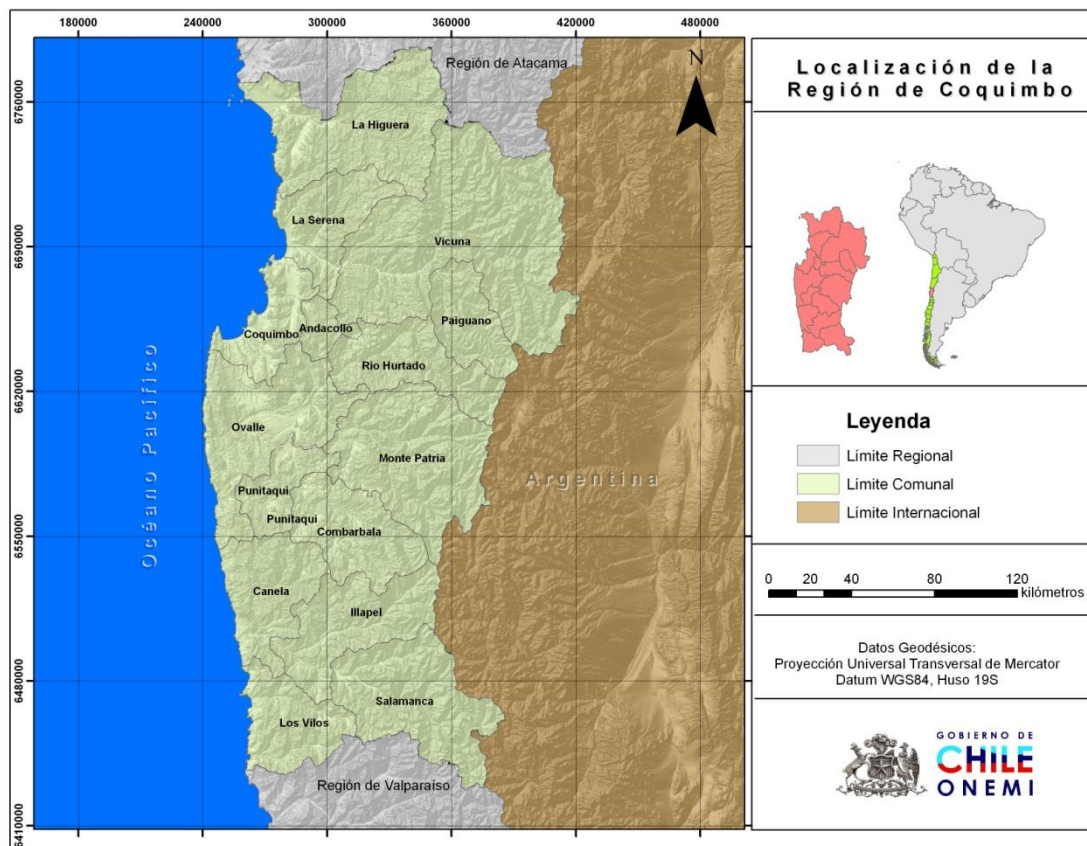
Por último, se debe tener en cuenta de que estos bosques deben contar con una correcta planificación y manejo, debido a que un espacio abierto en el bosque puede canalizar y amplificar la fuerza de la corriente de un tsunami o marejada, además de arrastrar material orgánico cuando los bosques no están bien cuidados; como también el hecho de que se debe fijar de una manera clara las intencionalidades de su uso, para que estos no se configuren como áreas de recreación y esparcimiento, y de esta manera, una amenaza potencial de incendio forestal, con todos los impactos ambientales y sociales que estos acarrear.

4. LINEAMIENTOS PARA ZONIFICAR EL BORDE COSTERO DE LA REGIÓN DE COQUIMBO CONSIDERANDO LOS RIESGOS DE TSUNAMI Y MAREJADAS

4.1. Caracterización geográfica de la Región de Coquimbo

La Región de Coquimbo se localiza en la zona semi-árida, al sur del gran desierto de Atacama (Novoa & López, 2001) entre los $29^{\circ}02'$ y $32^{\circ}16'$ de latitud sur, y desde los $69^{\circ}49'$ de longitud oeste hasta el océano Pacífico, en lo que se denomina el Norte Chico Chileno. Sus límites son: al norte con la Región de Atacama; al sur con la Región de Valparaíso; al oeste con el océano Pacífico, y al este, con la República de Argentina. Su superficie abarca 40.579,9 km², equivalentes al 5,3% del territorio nacional (M.O.P., 2008). Cabe destacar que es en esta Región donde se presenta el menor ancho del territorio chileno continental, de 90 kilómetros, a los $31^{\circ}37'S$, entre el paso de la *Casa de Piedra* y *Punta Amolanas* (INE, 2006).

Mapa 1: Localización Región de Coquimbo



4.1.1. Aspectos Físico-Ambientales

Desde el punto de vista del sistema físico natural, la Región de Coquimbo se destaca por ser una zona de ruptura de la ordenación general del relieve chileno, por lo que se ha pasado a denominar “región de los valles transversales”, ello debido a la desaparición de la depresión intermedia, reemplazada por valles fluviales en dirección este-oeste (Novoa, 1989). En cuanto al clima presente en la zona, cabe destacar que esta región se encuentra en una zona de transición entre el clima mediterráneo desértico y semi-desértico, con diferentes matices: húmedo y nuboso en el litoral, y estepario cálido en el interior (Novoa & López, 2001). Los vientos predominantes de la zona provienen del SW.

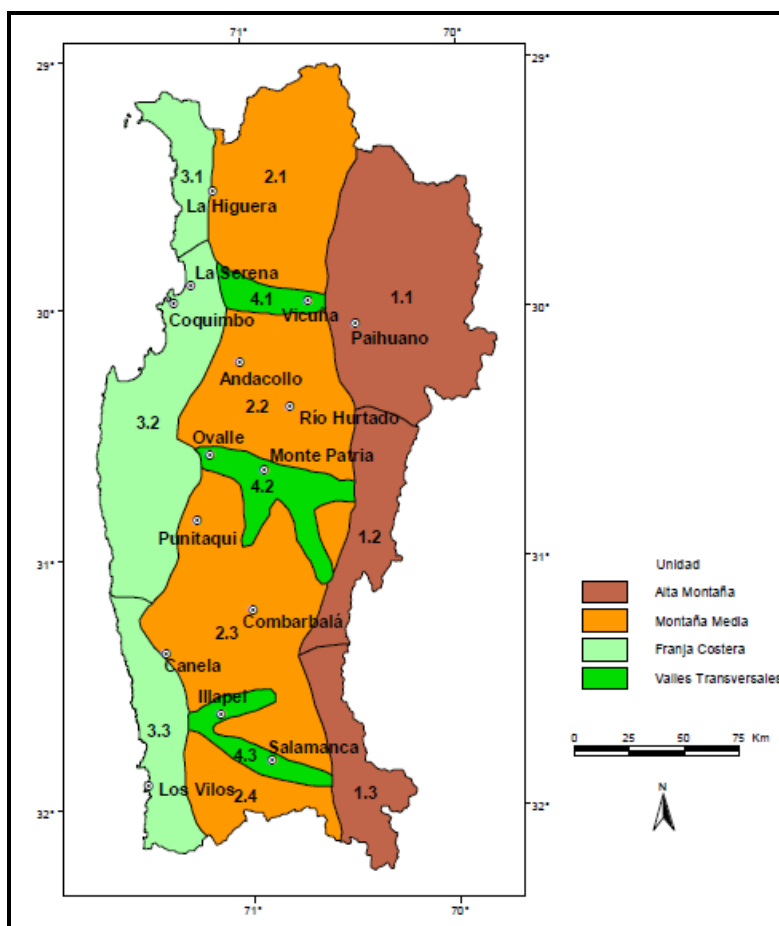
También se debe mencionar que esta Región está subdividida en tres grandes cuencas hidrográficas representadas por los sistemas fluviales más importantes de la zona, los cuales corresponden de norte a sur a las cuencas del Río Elqui, Río Limarí y Río Choapa (que le dan el nombre a las tres provincias de la región). Estos tres ríos tienen cuencas exorreicas, desembocando en las localidades de La Serena (Río Elqui), Limarí (Río con el mismo nombre) y Huentelauquén (Río Choapa). El régimen de escurrimiento de los tres sistemas fluviales son de tipo mixto, por lo que su caudal proviene de las lluvias en el invierno y del derretimiento de los hielos acumulados en la cordillera de Los Andes, durante el período primaveral y estival (M.O.P., 2008).

En cuanto a las áreas protegidas, la Región de Coquimbo cuenta con 4 unidades protegidas por el SNASPE, que protegen la diversidad biológica y faunística de la zona. Estas áreas son: Reserva Nacional Pingüino de Humboldt (Comuna de la Higuera), Monumento Natural Pichasca (Comuna de Río Hurtado), Reserva Nacional Las Chinchillas (Comuna de Illapel), Parque Nacional Fray Jorge (Comuna de Ovalle) y el Cordón Montañoso Talinay (Comuna de Ovalle) (CONAF, 2010), que abarcan al 0,37% de la superficie total regional (Lagos et al.2001).

Geomorfología:

En la Región de Coquimbo se pueden distinguir cuatro unidades fisiográficas, las cuales son la alta cordillera de Los Andes, la montaña media que corresponde a los “cordones transversales”, los grandes valles fluviales transversales, y la franja costera o litoral (Paskoff, 1993), como se pueden visualizar en la siguiente imagen:

Mapa 2: Fisiografía de la Región de Coquimbo



Fuente: Modificado de Romero et al. (1998), en Novoa & López (2001).

La geoforma que adquiere mayor relevancia para este estudio son las planicies litorales, que de acuerdo a Novoa (2001), son originadas por los movimientos epirogénicos (transgresión y regresión del nivel del mar).

En términos generales, el borde costero de la Región de Coquimbo está compuesto en un 18,1% de una línea litoral arenoso, mientras que el resto es costa rocosa, o compuesta por playas de rodados u otros materiales detríticos de mayor tamaño que las arenas (Castro & Brignardello, 2005), las cuales fueron depositadas en estas zonas por los grandes ríos que por la acción eólica arrastran sedimentos desde las partes altas de las cuencas hacia el mar.

Se distinguen dentro del contexto regional, tres grandes zonas de planicies litorales con características únicas que las hacen diferenciarse entre sí, las cuales van a ser expuestas a continuación, de acuerdo a (Novoa & López, 2001).

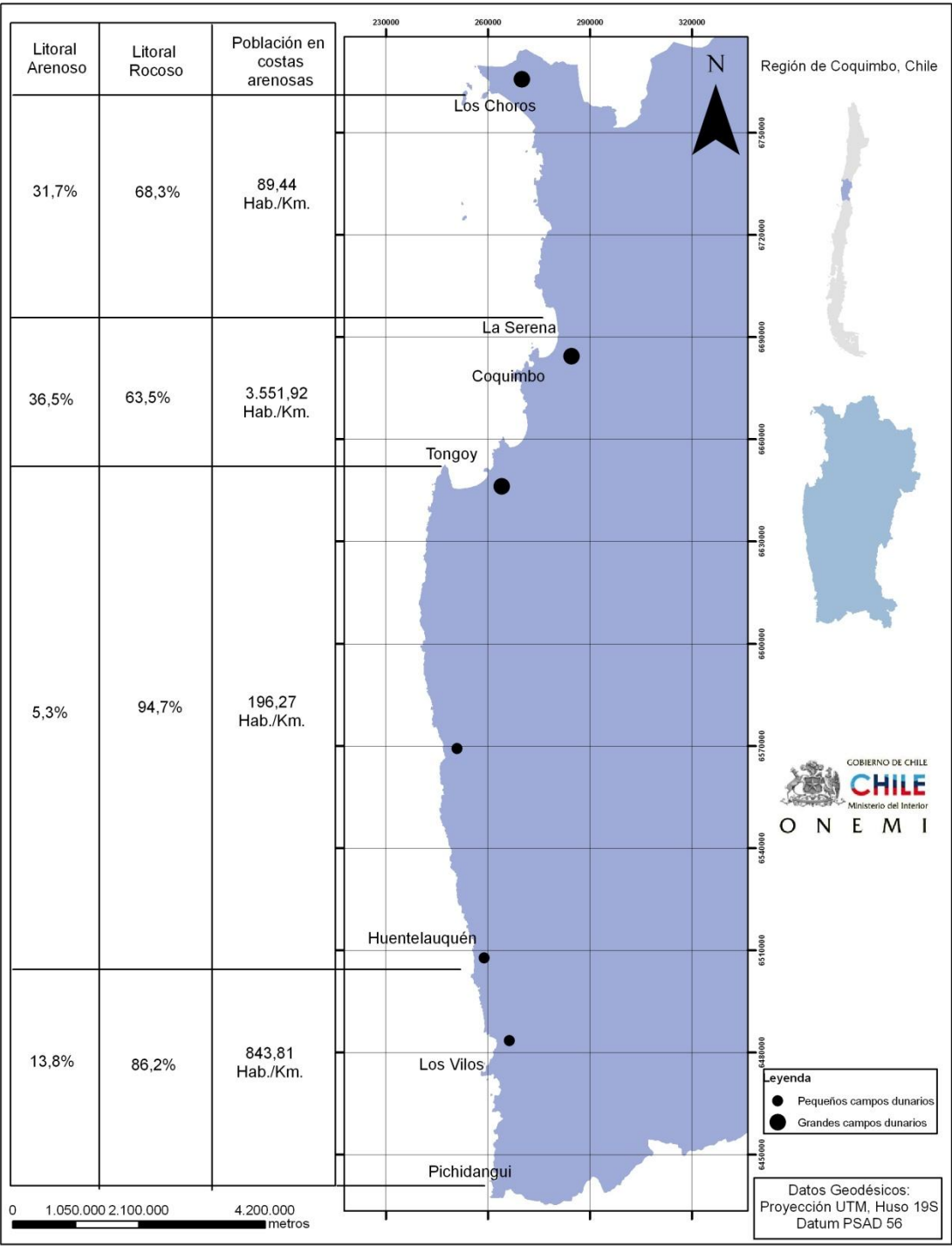
1. Litoral Norte: este incluye las superficies de abrasión y las terrazas de sedimentación marina y fluvio-marina, áreas sollevadas tectónicamente y los depósitos más actuales de playas, barras litorales y campos dunarios. A estos se suman bahías, desembocaduras de ríos y otros cursos menores, que dejan su impronta en el paisaje litoral. En el sector más septentrional de esta zona hasta las cercanías de La Serena la costa se presenta acantilada y con fuertes pendientes.

2. Litoral Central: este se extiende entre las bahías de Coquimbo y el Teniente. Se inicia acá el dominio de las terrazas de sedimentación marina, las que alcanzan en La Serena y Punta Lengua de Vaca su máxima extensión. Estas terrazas tienen su génesis en la transgresión y regresión marinas desde el Plioceno medio hasta el Holoceno. Estas terrazas litorales limitan hacia el Este con macizos de varios centenares de metros separados unos de otros por las gargantas que han erosionado los cursos de agua para desembocar en el océano. Más hacia el oeste se generan formas aplanadas a causas de la erosión, divididas en un talud erosionado con fuerte pendiente, y un piedemonte con pendientes más ligeras.

3. Litoral Sur: la última franja litoral de la Región se emplaza entre la bahía El Teniente hasta Los Vilos. Esta costa presenta un trazado de tipo rectilíneo sin bahías de porte considerable, con excepción de la desembocadura del Río Choapa en Huentelauquén. Este sector se caracteriza por tener una superficie rocosa erosionada por la acción marina, con una sola plataforma de altitud y amplitud variables. En el extremo sur de la zona, en Los Vilos reaparecen las terrazas marinas. Se observan campos dunarios en esta región, entre Huentelauquén y Pichidanguí, originados por una serie de condiciones climáticas y geomorfológicas, tales como la orientación de las costas, expuestas de forma directa a la acción de los vientos del suroeste, la extensión de la estación seca y la ausencia de una cobertura vegetal que actúe como mecanismo estabilizador y protector del viento; aunque sí se observa la existencia de dunas estabilizadas por la vegetación.

A continuación se muestra una figura con la distribución de los litorales arenosos y campos dunarios en la Región de Coquimbo.

Mapa 3: Distribución de los litorales arenosos y campos dunarios en la Región de Coquimbo.



Fuente: Modificado de Castro & Brignardello (2005).

4.1.2. Aspectos Humanos

De acuerdo a los datos proporcionados por el Censo de Población y Vivienda, La Región de Coquimbo cuenta con 603.210 habitantes, correspondientes al 4% del total nacional, y está proyectado hacia el año 2010, que la población para ese año sea de 718.217 personas.

Dentro del contexto regional, el 60% de los habitantes está asentado en la zona costera en ciudades próximas a litorales arenosos, entre los que destacan Coquimbo, La Serena, Tongoy y Los Vilos (Castro & Brignardello, 2005).

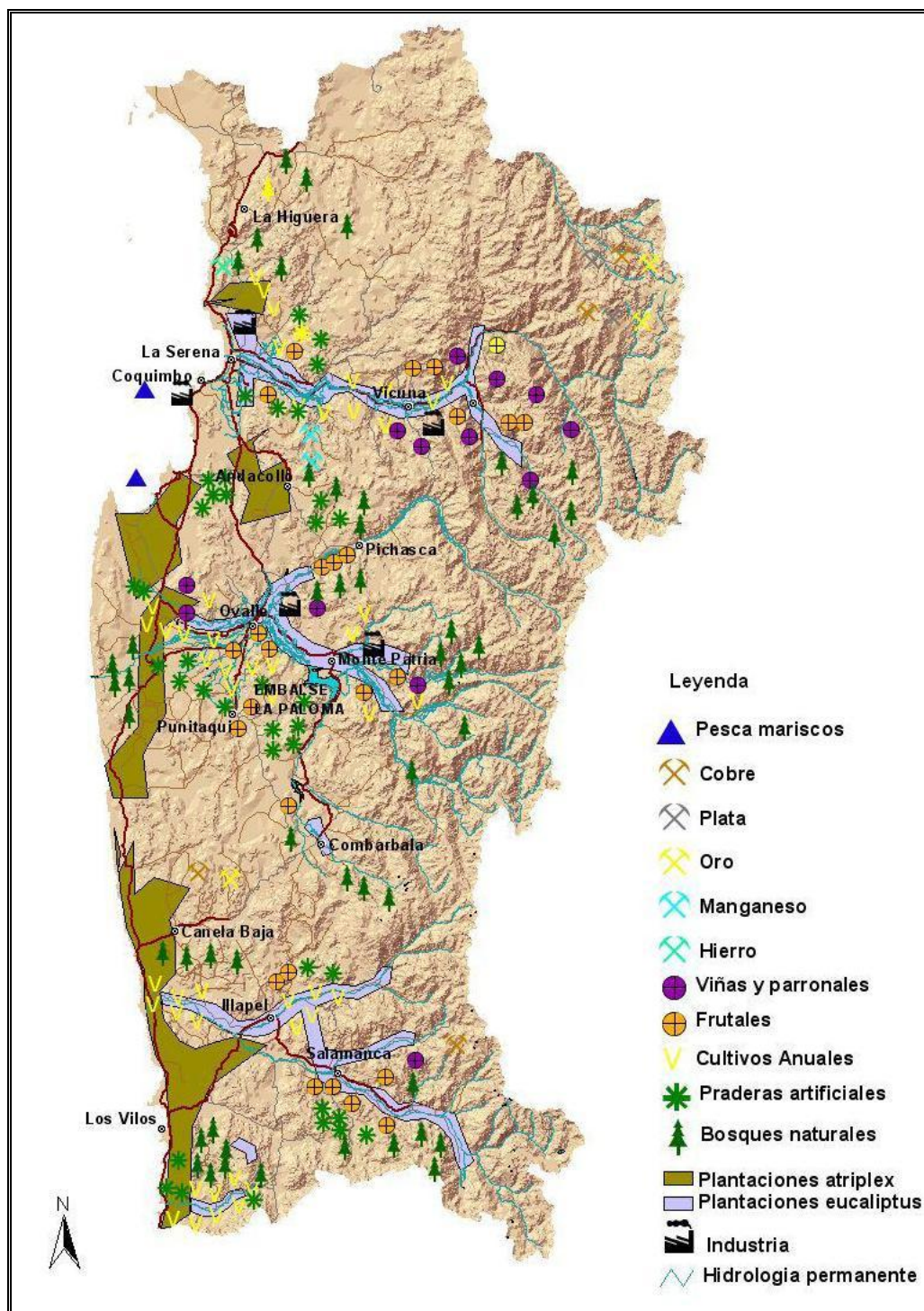
La Región cuenta con una cantidad de 24.297 personas ocupadas, de las cuales un 23% se dedica a actividades que involucran al sector primario (agricultura, ganadería, pesca, silvicultura y minería), y provienen preferentemente (56%) del área rural de la Región. En el sector secundario (industria, metálica, química y textil, producción de bienes de consumo, hardware informático, siderurgia, entre otros) concentra al 7,1% de la población que se encuentra ocupada en la Región, mayoritariamente en la zona urbana. Por último, en lo que respecta a la ocupación en actividades terciarias (servicios, comercio, transporte, comunicaciones, entre otros), estas albergan al 70,6% de la población ocupada, concentrada mayoritariamente en las zonas urbanas (78,8%).

A nivel provincial, es la Provincia del Elqui la que cuenta con el mayor porcentaje de población dedicada a actividades terciarias (76,1%), seguida por la Provincia de Choapa (67,7%) y Limarí (58,6%) (INE, 2002).

Los sectores productivos donde la Región posee una mayor especialización corresponden al Agropecuario, Minería, Pesca, Construcción y Administración Pública (Universidad Católica del Norte, 2007).

A continuación se presenta un mapa de la Región de Coquimbo con la localización de las actividades productivas primarias y secundarias.

Mapa 4: Localización de las actividades productivas primarias y secundarias en la Región de Coquimbo



Fuente: DIRPLAN/MOP (2008).

Para efectos del presente estudio se van a considerar solo las comunas costeras de la Región de Coquimbo, las cuales son la Higuera, La Serena, Coquimbo, Ovalle, Canela y Los Vilos.

- **La Higuera:** La comuna de La Higuera cuenta con una población de 3.892 habitantes, correspondientes al 0,62% del total regional, y tiene una población proyectada para el año 2010 de 3941 personas. La población se encuentra dispersa en distintas localidades, entre las cuales Chungungo, Cruz Grande, Los Hornos, El Olivo, Typperary, Yervas Buenas y Los Choros corresponden a localidades costeras, y el último lugar mencionado destaca por sus bellas playas y la presencia de una colonia de delfines "nariz de botella" (SUBDERE, s.f.).

- **La Serena:** esta comuna alberga a la capital regional de Coquimbo, la cual corresponde a la ciudad con el mismo nombre. Cuenta con una población de 160.148 habitantes según el Censo de 2002 correspondientes al 26,55% del total de la Región, y una población de 209.776 personas para el año 2010.

- **Coquimbo:** Esta es la comuna que cuenta con el mayor número de habitantes, con 163.036 personas para el año 2002 y con una proyección de 210.575 habitantes para el año 2010. Es en la comuna de Coquimbo donde se concentran la mayor cantidad de centros turísticos de la Región, entre los que se pueden mencionar Las Tacas, Morrillos, Puerto Velero y Playa, además de la ciudad de Coquimbo y las localidades de Tongoy, Guanaqueros, Puerto Aldea, y una serie de caseríos a lo largo de la costa que albergan a caletas de pescadores.

- **Ovalle:** Esta comuna cuenta con una población total de 98.089 habitantes correspondientes al 15,4% del total regional, y está proyectado que para el 2010 esta comuna cuenta con un total de 111.177 habitantes. Si bien la capital comunal de Ovalle, ciudad con el mismo nombre, que se encuentra al interior del valle del Río Limarí es la que alberga al 75% de la población de la comuna, cabe mencionar que existen una serie de caseríos costeros en la zona, tales como Los Baños, Santa Limarí Sur, Las Corvinas, entre otros.

- **Canela:** esta comuna cuenta con un número de 9.379 habitantes, albergando al 1,55% de la población total de la Región, la cual tiene proyectada que para el año 2010 posea 8.569 habitantes. Las localidades costeras que más destacan en esa Región corresponden a Huentelauquén y Puerto Oscuro. Cabe destacar también la presencia del "Parque Eólico" de Endesa, que se consolida como un atractivo turístico de la zona, y puede ser visto desde la panamericana.

- **Los Vilos:** esta es la comuna más septentrional de la Región de Coquimbo, y cuenta con una población de 17.453 habitantes, equivalentes al 2,89% del total regional, y con una población proyectada de 18.812 personas para el año 2010. Los centros urbanos de esta comuna corresponden a Los Vilos, Pichidangui, Quilimarí, Caimanes, Los Cóndores y Guangualí, los cuales son localidades costeras en donde la principal actividad de los habitantes del sector es la pesca artesanal y recolección de mariscos.

4.2. Normativas Generales de Ordenamiento Territorial e Instrumentos de Planificación Territorial dictados para el borde costero de la Región de Coquimbo

En la siguiente tabla se muestran los Instrumentos de Planificación Territorial dictados para el borde costero de la Región de Coquimbo, la institución que los dictó, y el año de publicación de estos.

Tabla 6: Normativas Generales de Ordenamiento Territorial e Instrumentos de Planificación Territorial dictados para el Borde Costero de la Región de Coquimbo

Organismo/ Institución	Normativa General de Ordenamiento Territorial	Instrumento de planificación o gestión territorial	Año de aprobación legal de la normativa
Comisión Regional de Uso del Borde Costero de Coquimbo	D.S. 518 del Ministerio de Defensa Nacional, Subsecretaría de Marina	Zonificación del borde costero de la Región de Coquimbo	2005
Ilustre Municipalidad de La Higuera	-	Plan Regulador Comunal	en estudio
Ilustre Municipalidad de La Serena	Ordenanza Local PRC, La Serena	Plan Regulador Comunal	2008
Ilustre Municipalidad de Coquimbo	Ordenanza Local PRC, Coquimbo	Plan Regulador Comunal	1984
Ilustre Municipalidad de Ovalle	Ordenanza Local PRC, Ovalle	Plan Regulador Comunal	2004
Ilustre Municipalidad de Canela	-	Plan Regulador Comunal	-
Ilustre Municipalidad de Los Vilos	Ordenanza Local PRC, Los Vilos	Plan Regulador Comunal	1985
Secretaría Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo, Coquimbo	Ordenanza Local y Memoria Explicativa, PRI Coquimbo	Plan Regional Intercomunal Costero	2005
Dirección de Obras Portuarias	Ley 19.542 sobre la modernización del sector portuario estatal	Creación de la Empresa Portuaria Coquimbo	1997

	D.S. 239 del M.O.P	Se da inicio a las actividades del Puerto de Coquimbo	1998
	Ley 18.966 sobre el ingreso del sector privado a la estructura portuaria	Habilitación Puerto de Guayacán	1990
		Habilitación de Puerto Punta Chungungo	
Capitanías de Puerto, Región de Coquimbo	D.S. 1340, Reglamento General de Orden, Seguridad y Disciplina en las naves y Litoral de la República	Habilitación de playas en la temporada estival	1941
	D.F.L. 292, Ley Orgánica de la DIRECTEMAR		1953
	D.L. 2.222, Ley de Navegación		1978
Sernapesca	D.S. 430, Ley General de Pesca y Acuicultura	Otorgamiento de Concesiones de manejo de recursos del mar y aprobación de planes de manejo de los mismos	1991
	Documento Oficial Sernapesca 7388	Fija nómina oficial de caletas de pescadores artesanales	1997
Corporación Nacional del Medio Ambiente	-	Estrategia y Plan de Acción para la biodiversidad en la IV Región de Coquimbo	-
Ministerio de Agricultura	Ley 20.283, sobre Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal	Incentivo a la plantación de especies forestales (atriplex) y a la recuperación del bosque nativo en las zonas costeras de la Región Aprobación de planes de manejo de la plantación de bosques	2008
	D.F.L. 701, sobre el fomento forestal		1974

Fuente: Elaboración Propia

4.3. Estudios de riesgos de origen natural asociados al mar en la Región de Coquimbo

La zonificación es un aspecto relevante en la prevención de desastres, por lo que además de ser un proceso fundamental para una adecuada planificación urbana, esta se encuentra contemplada legalmente como una parte de los Planes Reguladores en general (ONEMI, 2009). En los artículos 1.4.19 y 2.1.17 de la OUGC se establece que en los IPT deben estar contemplados los estudios de riesgos, donde se establecerán como ya se mencionó, “zonas no edificables” y “áreas de riesgo”.

En el borde costero deben estar contemplados estudios de riesgo sísmico, al ser la causa del 75% de los tsunamis conocidos, como también estudios de inundaciones marinas causados por marejadas (mediciones de alturas medias de olas en los últimos 30 años) y tsunamis (modelación de eventos tsunamigénicos considerando el peor escenario).

Es por esto, que en el año 2008 la Secretaría Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo de la Región de Coquimbo elaboró un diagnóstico de Áreas de Riesgos en las localidades costeras de la Región. Dicho estudio se expondrá a continuación:

4.3.1. Sismicidad:

La zona comprendida entre los 26° y 36° de latitud Sur se caracteriza por ser un área de gran sismicidad, con sismos de foco poco profundo (Thomas, 1980), por la ausencia de volcanismo durante el Neógeno Superior, y por la ocurrencia de tsunamis destructivos, con un período de recurrencia regular de 20 años, según los registros del siglo pasado.

Los eventos sísmicos con potencial tsunamigénico registrados para la zona se exponen en la siguiente tabla:

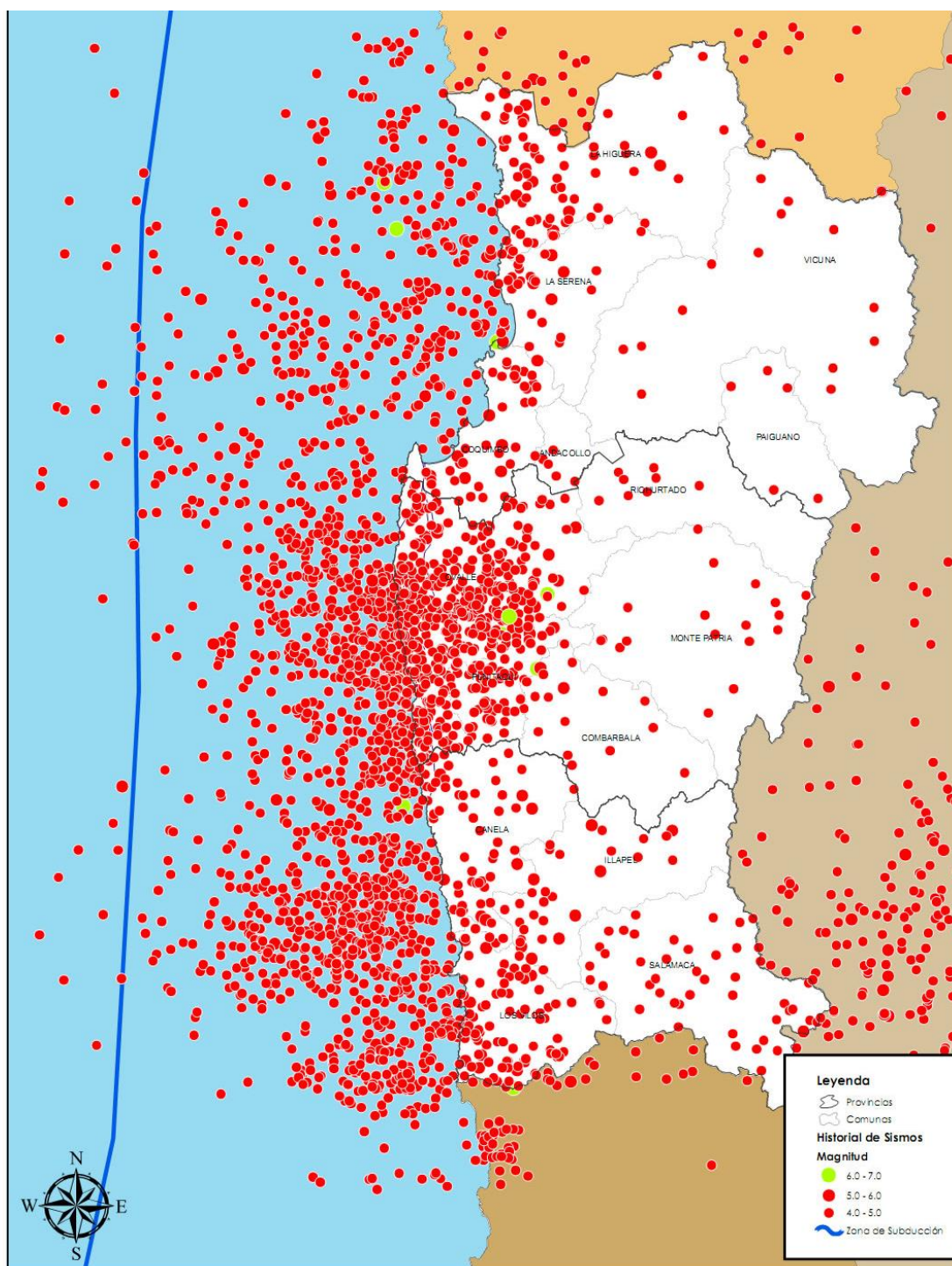
Tabla 7: Eventos sísmicos con potencial tsunamigénico registrados para la zona de Coquimbo

Año	Magnitud (Richter)	Epicentro	Profundidad del foco en kilómetros
1647	8,5	33°S- 71,5W	-
1730	8,7	32,5°S- 71,5°W	-
1822	8,5	33°S- 71,6°W	-
1906	7	33°S- 72°W	33
1922	8,4	28,5°S- 70°W	25
1943	7,9	30,75°S- 72°W	33
1985	7,8	33,9°S- 71,6°W	33

Fuente: Elaboración Propia, en base a Soloviev & Go, 1975; Lagos, 2000.

A continuación, se muestra un mapa con el historial sísmico de la Región de Coquimbo:

Mapa 5: Historial Sísmico de la Región de Coquimbo



Fuente: OREMI Coquimbo, 2010.

4.3.2. Tsunamis:

La delimitación de áreas de inundación para la Región de Coquimbo, se estableció con la simulación numérica de diferentes escenarios tsunamigénicos (1730, 1922 y 1943), en diferentes zonas de la Región, expuestas a continuación¹:

1. Bahía de Choros: Se estableció un evento hipotético, en donde para un deslizamiento vertical de la falla o dislocación, (D) de 6 metros se presentan tres trenes de onda importantes. El primero de estos impacta el borde costero de la Bahía a los 15 minutos, después de ocurrido el sismo, registrándose alturas máximas que alcanzan los dos metros. Luego, a los 55 minutos se presenta el segundo tren de olas registrándose alturas máximas de 4-5 metros. Por último, a los 95 minutos se presenta un tercer tren de ondas con alturas máximas que alcanzan alturas de 4-5 metros sobre el nivel medio del mar. Para un deslizamiento vertical de la falla de 7 metros, se observan características similares a las anteriormente expuestas con un D= 6m, pero con un leve aumento del *run-up* máximos de 7 metros.

De acuerdo a esto, **se puede establecer que para el sector de Bahía de Choros el área de inundación por un tsunami se encuentra establecida bajo la curva topográfica de 5 metros** para una D= 6m y bajo la cota 7 metros para una D= 7m.

2. Bahía de Coquimbo y La Herradura: para este sector se establecieron dos eventos hipotéticos, para D= 6 y 7 metros. En ambos casos se observa que se presentan al menos dos trenes de ondas significativos, el primero impacta el borde costero al interior de la Bahía de La Herradura a los 20 minutos con una ola que alcanza una altura máxima de 7 metros. En la Bahía de Coquimbo la ola ingresa cinco minutos después, registrándose alturas máximas que alcanzan los 10 metros sobre el nivel medio del mar. Un segundo tren de ondas tsunamigénicas con ondas máximas de 4 metros de altura se presenta en la costa a los 65 minutos después de ocurrido el sismo que inunda la Bahía de Coquimbo hasta la cota 11 metros y en La Herradura alcanza los 8 m.s.n.m.

La simulación de un evento tsunamigénico hipotético **para el sector de Bahía de Coquimbo y La Herradura permite establecer un área de inundación por tsunami bajo la curva de nivel de 11 metros.**

3. Sector Totorillo- Las Tacas: en la simulación numérica de un tsunami hipotético para dicho sector, se presentan al menos tres trenes de onda significativos que impactan principalmente el

¹ Para visualizar las cartas de Inundación por tsunami para la Región de Coquimbo, dirigirse al Anexo N° 1

sector de Totoralillo, Las Tacas y el sector sur de Punta lagunillas, a los 20 minutos después de ocurrido el sismo con potencial tsunamigénico, con alturas máximas de 7 a 8 metros sobre el nivel del mar. Alrededor de 55 minutos después se registra el segundo tren de ondas con *run-up* máximos de 7-8 metros frente al sector de Totoralillo- Las Tacas. Por último, se observa a los 70 minutos el tercer tren de ondas con una cota máxima de inundación de 7 m.s.n.m.

Contando con una simulación numérica para un tsunami **hipotético para el sector de Totoralillo- Las Tacas, se puede establecer que el área bajo la cota 8 metros podría ser eventualmente inundada por un tsunami** que reúna las características del tsunami simulado.

4. Bahía de Guanaqueros: para una dislocación de siete metros, se simula un tsunami hipotético en este sector, estableciéndose que se presentarán en la Bahía tres trenes de ondas, de los cuales el primero de estos impactará al borde costero del sector a los 25 minutos después de ocurrido el evento, con alturas máximas que alcanzarán los 8 metros sobre el nivel del mar en los sectores comprendidos entre Punta Morrillos y Playa Lagunillas. Un segundo tren de ondas impacta la costa a los 65 minutos, con alturas máximas de 7-8 metros. Finalmente, a los 70 minutos se registran ondas máximas de 10 metros frente a Punta Lagunillas.

Por lo tanto, se establece que **en la zona costera de la Bahía de Guanaqueros bajo la cota 13 metros, es una zona que podría ser potencialmente inundada por un tsunami** que reúna las características del simulado.

5. Bahía de Tongoy y Puerto Aldea: se simula un tsunami con un deslizamiento vertical de la falla de 7 metros para este sector, y como resultado se obtienen cuatro trenes de onda significativos, que impactan con mayor intensidad al lado oeste de la península de Tongoy. El primer tren de olas tsunamigénicas impactan al borde costero de Tongoy a los 20 minutos, con alturas máximas de 8 metros. Luego, estas son seguidas por un segundo tren de olas con alturas máximas de 9 m.s.n.m. a los 35 minutos. A los 70 y 75 minutos luego de ocurrido el sismo se registran el tercer y cuarto tren de ondas respectivamente, con alturas máximas que alcanzan los 6,5 metros sobre el nivel del mar.

Se puede concluir, que un eventual tsunami que reúna las características del simulado va a impactar en la **Bahía de Tongoy y Puerto aldea, inundando todos aquellos sectores que se encuentren bajo la curva topográfica de 9 metros sobre el nivel del mar.**

6. Bahía Conchalí, Sector Los Vilos: para una simulación de un tsunami hipotético con una dislocación de 7 metros, se observan tres trenes de onda significativos, de los cuales el primero se registra con alturas máximas de olas de 8–9 metros en el Puerto de Los Vilos. Un segundo tren de olas tiene un tiempo de arribo a la costa pasados 60 minutos después de ocurrido el sismo generador del tsunami, con alturas máximas de ola que alcanzan una altura máxima de 10,5 metros de altura en la costa. Por último, a los 95 minutos se observa un tercer tren de ondas con alturas máximas tierra adentro de 10–12 metros.

Luego de la realización de una simulación de un tsunami hipotético para el sector de Bahía Conchalí, se puede concluir que **en el sector de Los Vilos todas aquellas áreas que se encuentren bajo la cota de 15 metros, podrían ser eventualmente inundadas por un tsunami** que reúna las características del simulado.

7. Puerto de Pichidangui: para una dislocación de siete metros se simula un tsunami hipotético en el sector más meridional de la Región. Los resultados de dicha modelación concluyen que un eventual evento tsunamigénico presentaría de dos a tres trenes de onda significativos. El primero de estos presentaría alturas máximas de 7 metros por sobre el nivel del mar. El segundo tren de ondas tendría un tiempo de arribo a la costa de 60 minutos, con alturas de olas que alcanzarían los 10 m.s.n.m. en la costa. Por último, se observa un tercer tren de ondas con un tiempo de arribo de 90 minutos, con alturas de ola de 4–5 metros en la costa.

Como resultado de esta modelación, se puede concluir que **para el Puerto de Pichidangui, la zona de inundación por un tsunami está delimitada en la curva de nivel de 12 metros.**

A continuación se expone un cuadro resumen de las cotas máximas de inundación alcanzadas por un tsunami en los distintos sectores costeros de la Región de Coquimbo

Tabla 8: Cotas Máximas de Inundación para el Borde Costero de la Región de Coquimbo

Sector	Cota máxima de inundación
Bahía de Choros	5 metros
Bahía de Coquimbo y La Herradura	11 metros
Sector Totoralillo-Las Tacas	8 metros
Bahía de Guanaqueros	13 metros
Bahía de Tongoy y Puerto Aldea	9 metros
Bahía de Conchalí, Sector Los Vilos	15 metros
Puerto de Pichidangui	12 metros

4.3.3. Marejadas

Si bien no existen estudios de alturas medias de olas causadas por eventos de marejadas para la Región de Coquimbo, se puede mencionar en este apartado lo ocurrido durante el mes de Julio de 2010 en las costas de la Región.

Durante la última semana de julio de 2010 la onda polar que afectó a nuestro país generó intensos eventos de marejadas en las costas de la Región de Coquimbo con olas de hasta 8 metros, dañando infraestructura costera y llevándose dos casas de material ligero. De acuerdo a testimonios de gente del lugar, esto no se había visto nunca, y generó pérdidas millonarias, calificándose el evento como un mini-tsunami, por la fuerza con que azotó el mar al borde costero (para más información, ver Anexo N°4, donde se muestra el seguimiento de la noticia).

Se menciona este evento en el presente estudio, para demostrar que la Región de Coquimbo no se escapa a los eventos de marejada, y si bien no existen estudios concretos de las alturas medias de ola (el Organismo que registra las marejadas en la costa es el SHOA, y no se han realizado estudios estadísticos para el tema), se debe tener en consideración de que la Región es propensa a sufrir eventos de marejada, y que un estudio de este tipo es de vital importancia.

4.4. Descripción de los Instrumentos de Planificación Territorial vigentes en el Borde Costero de la Región de Coquimbo

A continuación se realiza una descripción de los IPT de la Región, para dar cuenta del avance de los distintos municipios e Instituciones en la prevención de los riesgos de origen natural asociados al mar.

Planes Reguladores:

Plan Regulador Comunal de La Serena:

El PRC de la Comuna de La Serena se estructura en una subdivisión general de su territorio en 76 zonas. En este Plan se incorporan además, consideraciones que condicionan el uso del suelo en aquellas zonas localizadas en el borde costero marítimo y fluvial que determina la obligatoriedad de que los recintos habitacionales se localicen por sobre una altura de 3.5 m.s.n.m. permitiendo el uso de subterráneos exclusivamente para estacionamientos y localización de infraestructura.

En cuanto a estudios de riesgo de origen natural, se define un área potencialmente afectada por fenómenos de tsunami y/o inundaciones, en donde se estima adecuado autorizar actividades de tipo pecuario y/o residencial estacional, bajo las medidas de control de diseño y urbanización antes mencionadas (PRC La Serena, 2008).

En cuanto a la **Zona de Protección Costera** (ZE8), se especifica en el PRC que dicha zona está destinada preferentemente al uso peatonal, reposo y soleamiento de las personas, permitiendo las actividades recreacionales, comerciales de nivel básico como restaurantes, actividades temporales de apoyo a la actividad turística y actividades deportivas que se desarrollen sobre suelo natural y que no produzcan alteraciones al Medio Natural. Se permite también el emplazamiento de instalaciones complementarias al uso específico tales como cabinas para bañistas y baños; con la prohibición de alterar las dunas existentes en las playas de la comuna.

Las actividades productivas que se pueden realizar en esa zona corresponden a actividades de pesca artesanal de bajo impacto.

Plan Regulador Comunal de Coquimbo:

La comuna de Coquimbo se encuentra subdividida en 52 zonas. En términos generales este Plan incorpora las situaciones particulares que se están desarrollando en el borde costero producto de la edificación de proyectos inmobiliarios de segunda residencia como lo son el caso de Las Tacas, Morrillos, Puerto Velero y Playa Blanca, entre otros.

Para el caso del borde costero, la zona que más llama la atención es aquella que se establece en el artículo 39 de la Ordenanza Local del PRC, denominadas **Áreas de restricción por riesgos para el asentamiento humano**, que comprende a los territorios restringidos a la localización de asentamientos humanos atendiendo a los riesgos de origen natural y riesgos por actividades peligrosas. Dentro de este contexto, se establece la Zona ZR-6 (**áreas de restricción para la preservación del recurso costero**), que se cita a continuación:

Con el propósito de mitigar los efectos potenciales de un tsunami y marejadas en la Zona de Protección Costera y terrenos adyacentes, las obras de urbanización y construcción deberán cumplir con las siguientes normas y disposiciones:

1. Entre la línea de las más altas mareas y la cota 5.0 m.s.n.m. sobre la línea de la más alta marea no se permitirá el uso residencial.
2. Entre la línea de las más altas mareas y la cota 15.0 m.s.n.m. sobre la línea de la más alta marea no se permitirán los cierros, sólo cercos vivos. No se permitirán construcciones bajo el nivel natural del suelo, salvo las instalaciones de infraestructura urbana.
3. Los proyectos de pavimentación deberán tener pendientes hacia el mar y las soleras deberán ser rebajadas.
4. Las instalaciones sanitarias, de electricidad, gas y comunicaciones deberán ser subterráneas. No se permitirá postación de ningún tipo cuya altura sea superior a 1 metro, salvo el alumbrado público, cuyo empotramiento y fundación sea calculado para el efecto de tsunami.
5. La distancia mínima entre construcciones ubicadas desde costaneras o vías de borde hacia el mar será de 300 metros y su altura máxima de dos pisos

Plan Regulador Comunal de Ovalle:

La comuna de Ovalle cuenta con una macrozonificación territorial con tres tipos de áreas que juntas agrupan a 39 zonas.

Como ya se mencionó, el 75% de la población comunal vive en la ciudad de Ovalle que queda al interior del Valle del Limarí, y no cuenta con áreas urbanas consolidadas en el borde costero de su territorio, por lo que esta zona no cuenta con un PRC que lo regule.

Plan Regulador de Los Vilos:

Este Plan regula los usos del suelo en las localidades de Pichidangui y Los Vilos integrando una sola área urbana que abarca la zona costera consolidada de la comuna.

Está dividido en tres macrozonas principales que constituyen a la vez 30 zonas, que se pueden dividir en Zonas Urbanas Consolidadas, Zonas de Extensión Urbana y Zonas de Restricción y Especiales, en donde están las zonas de riesgo, restricción y protección de los elementos del medio natural.

Como se puede observar, hay dos comunas que no cuentan con un PRC vigente, las cuales son La Higuera y Canela.

Plan Regulador Intercomunal Costero de la Región de Coquimbo:

El PRI costero de la Región de Coquimbo se conforma como un Instrumento de Planificación Territorial que propone dar una solución integral a la presión que sobre el territorio ha ejercido la aplicación desmesurada del D.L. 3516 sobre la subdivisión de predios rústicos en las comunas que no cuentan con áreas urbanas consolidadas en su borde costero, las cuales son La Higuera, Ovalle y Canela.

El proceso de zonificación de este Plan, partió con la homologación y estandarización de las zonas existentes en cada PRC vigente en el área de estudio, para contar con zonas homogéneas en las distintas comunas, y no aplicar una nueva zonificación de los usos del suelo en aquellas áreas urbanas de las comunas que ya contaba con un PRC vigente.

De acuerdo a este proceso y a la incorporación de las áreas rurales de todo el Borde Costero, este Instrumento consta de 24 zonas, que se enmarcan dentro de tres grandes áreas:

1. Áreas de Desarrollo Productivo
2. Áreas de Desarrollo Urbano
3. Áreas de Protección y restricción.

Es en esta última área donde se encuentra el punto de interés para este estudio, al describir una “zona de restricción por riesgo de tsunami (ZR-2)”. Esta zona comprende los siguientes niveles de riesgo:

1. Nivel de riesgo de tsunami: corresponde a una zona de exclusión de construcciones localizadas entre el nivel de la más alta marea y la cota 11 m.s.n.m., en la cual queda restringido todo tipo de contractibilidad de carácter permanente.
2. Nivel de riesgo moderado de tsunami: esta corresponde a la franja del litoral localizado entre la cota 11 m.s.n.m. y la de 20 m.s.n.m., en la cual se establecen condicionantes específicas para el emplazamiento de actividades.

Para aquellas áreas que contengan un nivel de riesgo moderado de tsunami, se establecen las siguientes condiciones de contractibilidad;

- Uso de suelo permitido: residencial
Densidad bruta máxima: 40 hab/há.
- Equipamiento: de comercio y esparcimiento de escala básica y servicios.

Zonificación de los usos de Borde Costero– Región de Coquimbo (CNUBC):

La propuesta de zonificación del Borde Costero de la Región de Coquimbo por la CNUBC en el año 2005, contempla siete macrozonas², las cuales son: zonas de multiusos; zonas de caletas de pescadores fuera de zonas de multiuso; zonas de restricción y protección; zonas de usos variables; zonas de relevancia ecológica; zonas de protección legal; zonas de pesca artesanal e industrial y ejercicio de la acuicultura.

Cabe señalar que durante el proceso de zonificación se debió establecer zonas de competencia exclusiva de la Comisión Regional de Uso del Borde Costero, las cuales corresponden a los terrenos de playa fiscal; la playa; Bahías, golfos y canales interiores; y el Mar Territorial de la República. En cuanto al resto del territorio, se generaba un conflicto en las zonas urbanas que cuentan con un PRC vigente, por lo que se decidió que aquellas zonas urbanas que contaban con un Instrumento de Planificación Territorial vigente a la fecha, se iba a respetar ese proceso de zonificación, incorporándolo a la nueva zonificación propuesta por la Comisión; y

² Siendo este proceso de zonificación el más completo, en cuanto incorpora a los PRC de los municipios costeros y al PRI Costero de la Región de Coquimbo, se incorpora en el Anexo N° 2 la propuesta completa de zonificación realizada por la Institución.

también se puede decir que durante la elaboración de este Instrumento hubo un proceso importante de participación ciudadana con las comunidades locales de cada zona.

En cuanto a los riesgos de origen natural que afectan al sector costero, esta propuesta de zonificación contempla una **zona de restricción por riesgo**, las cuales corresponden a *“zonas que por su condición natural presentan alta probabilidad de riesgos naturales o bien la actividad antrópica podría potenciar dichos riesgos, por lo cual se restringe su uso y/o la intervención antrópica con el objeto de asegurar tanto la protección de la población como del medioambiente”* (CRUBC Región de Coquimbo, 2005), por lo que una eventual ocupación de estas áreas obliga a la toma de medidas de prevención frente a la amenaza existente, cuyos estudios de riesgo están incorporados en los Instrumentos de Planificación Territorial vigentes para la zona.

4.5. Consideraciones mínimas de prevención de riesgo de tsunami y marejadas en la planificación territorial del borde costero de la Región de Coquimbo

La zona costera de la Región de Coquimbo es un área del país muy atractiva tanto para el turismo como para la vivienda, pero la ocupación de este espacio debe ser regulado para prevenir la ocurrencia de desastres de origen natural como lo son las inundaciones marinas.

Como ya se mencionó, los estudios de riesgo son el primer paso para una adecuada zonificación del borde costero. La cota máxima de inundación por un tsunami da la línea entre las áreas seguras e inseguras dentro de una zona determinada, y los usos que se deben permitir y prohibir dentro de estos.

4.5.1. Usos Prohibidos:

Se puede establecer mediante esta información en primera instancia, los usos de suelo que deben estar prohibidos bajo cualquier circunstancia en zonas que se encuentren entre la cota cero (línea de costa) y la cota establecida para cada zona. Estos usos son los siguientes:

- Hospitales
- Cuarteles de Bomberos y Carabineros
- Establecimientos Educativos

- Fuerzas Armadas
- Cárceles
- Hogares de ancianos
- Sedes Sociales
- Infraestructuras que albergan a sedes del Servicio Público, como lo son las Municipalidades, Gobiernos Regionales, Seremis, Oremis, entre otros.

Si alguno de los usos antes mencionados se encontrase dentro de un área de inundación, la entidad encargada de su funcionamiento y gestión debe relocalizar el establecimiento a un área segura en el menor tiempo posible.

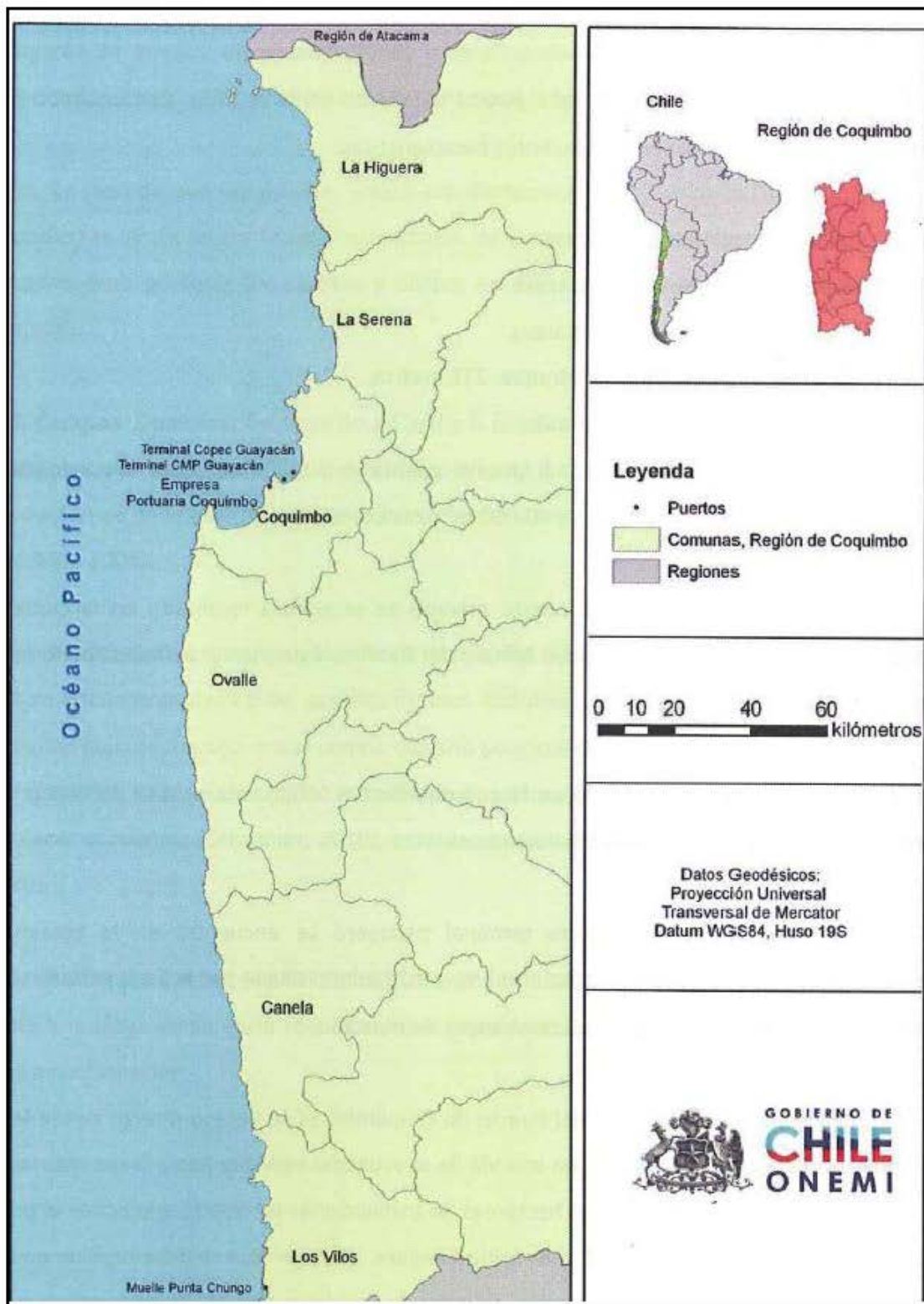
4.5.2. Desembocadura de Grandes Cursos de Agua

Los tsunamis y las marejadas se encausan en los cursos de agua, los cuales amplifican su energía y les permiten llegar a áreas tierra adentro mayores a las que llegarían sin la existencia de estos. En la Región de Coquimbo desembocan tres grandes ríos en el Océano Pacífico, los cuales son de norte a sur el Elquí, Limarí y Choapa, que desembocan en las localidades de La Serena, Limarí y Huentelauquén respectivamente, además de una gran cantidad de cursos de agua de menor jerarquía que desembocan en diversas localidades costeras de la Región. Se debe establecer un área de influencia del cauce del río en donde no se permitirán tampoco los usos anteriormente mencionados, aún cuando se cumplan las condiciones de altura permitidas.

4.5.3. Puertos

La Región de Coquimbo cuenta con un puerto de uso público y tres privados, que se describen a continuación, de acuerdo a los datos proporcionados por la D.O.P. (2005), y se pueden visualizar en el siguiente mapa:

Mapa 6: Localización de los Puertos de la Región de Coquimbo



1. Empresa Portuaria Coquimbo: este puerto localizado en la comuna de Coquimbo es de propiedad fiscal, y cuenta con las siguientes características:

- Superficie total: 14,5 hectáreas
- Superficie marítima: 50 hectáreas
- Superficie terrestre: 9,5 hectáreas
- Longitud lineal de sitios de atraque: 378 metros
- Cantidad de sitios de atraque: 2
- Áreas de almacenamiento: el puerto cuenta con 3.750 m² para almacenamiento cubierto y semidescubierto, y 40.000 m² para acopio.

2. Terminal CMP Guayacán: este puerto privado se encuentra localizado en la ciudad de Coquimbo, y pertenece a la Compañía Minera del Pacífico. Este puerto está destinado para la embarcación de mineral de hierro.

3. Muelle Punta Chungo: ubicado en la comuna de Los Vilos, este puerto de uso privado pertenece a la Compañía Minera Los Pelambres.

4. Terminal Copec Guayacán: este Terminal pesquero se encuentra en la comuna de Coquimbo, en la ciudad con el mismo nombre, y está administrado por la Compañía Petrolera de Chile, con fines de embarque y desembarque de petróleo.

Una ventaja comparativa del Puerto de Coquimbo es su acceso directo desde la ruta Panamericana, por lo que cuenta con una vía de evacuación expedita hacia áreas seguras, y la D.O.P. debe procurar que en las 9,5 hectáreas de instalaciones terrestres que posee el puerto, las personas puedan evacuar de forma rápida y segura, situación que se debe replicar en todas las instalaciones portuarias de la Región. En caso de que haya una alerta de tsunami para la costa de la Región de Coquimbo, y los barcos puedan irse a alta mar, estos deben tener la capacidad de evacuar de la manera más rápida posible.

Todas las infraestructuras portuarias deben estar construidas a prueba de tsunamis mediante métodos eficaces, como el refuerzo con estructuras de acero (UNESCO/COI, 2008), y los lugares de atraque de embarcaciones y de almacenamiento deben estar localizados en áreas donde no exista infraestructura en la zona costera frente a estos.

En caso de que sea posible, previo estudio técnico por parte de la Dirección de Obras Portuarias, se procederá a instalar estructuras de protección del oleaje en las instalaciones portuarias para proteger los puertos y disipar en algún modo la energía de un tsunami o marejadas.

4.5.4. Campos Dunarios

De acuerdo a Castro & Brignardello (2005), la Región de Coquimbo cuenta con 6 campos dunarios, que cumplen una función de barrera protectora ante la penetración de inundaciones marinas a los terrenos más bajos situados detrás de estas (Castro & Morales, 2006).

Se debe procurar entonces, a crear instancias de protección de estos ecosistemas. Si estos se encuentran dentro de predios fiscales, incluirlo a alguna unidad del SNASPE con su respectivo plan de manejo, y si el campo dunario se encuentra dentro de un predio privado, se debe gestionar su traspaso al Fisco a través de donaciones, permuta, herencia, compra o bien establecer convenios (Oltremari, 2010), estableciendo todas las disposiciones legales a favor de esto.

4.5.5. Caletas pesqueras

Según los registros de Sernapesca de la Región de Coquimbo, esta cuenta a lo largo de su costa con 31 caletas pesqueras, las cuales se pueden visualizar en el mapa a continuación:

Mapa 7: Localización de las caletas pesqueras en la Región de Coquimbo



Se recomienda que Sernapesca establezca una restricción a la construcción de viviendas de pescadores con materiales ligeros que van a ser destruidos rápidamente por un tsunami o eventos de marejadas intensas, y se van a convertir en material que luego va a ser arrastrado por la inundación. A cambio de esto, debido a que construir infraestructura con materiales resistentes es de alto costo, se propone que las viviendas localizadas en las caletas pesqueras sean de tipo palafitos, con cimientos cuyo empotramiento y fundación sea calculado para el efecto de tsunamis y/o marejadas.

A continuación se puede observar una imagen que ilustra este tipo de construcción:

Figura 7: Viviendas de tipo palafito tsunami-resistentes



Fuente: NTHMP, 2001

También en las caletas de pescadores se debe propender a que las embarcaciones de los trabajadores estén localizadas en áreas que no estén frente a construcciones, para que estas en el minuto de ser arrastradas por una inundación marina no destruyan la infraestructura existente en el borde costero.

4.5.6. Playas

De acuerdo a las Capitanías de Puerto de La Región, Coquimbo cuenta con 64 playas (Ver Anexo N° 3), las cuales deben estar establecidas en la época estival (15 de diciembre al 15 de marzo) como:

1. Playas aptas para el baño: son aquellas que reúnen condiciones naturales de fondo parejo, pendiente suave, fondo arenoso, limpia sin restos de construcciones submarinas ni restos o especies náufragas, aguas no contaminadas, oleaje suave, escasa corriente, sin

remolinos y sin algas. Debe contar con un concesionario (Municipalidad o particular), que proporcione el personal de salvavidas y su equipamiento.

2. Playas no aptas para el baño: son aquellas que tienen fondo disparejo con hoyos o canalizo, pendiente pronunciada, restos d especies náufragas, aguas contaminadas, fuerte oleaje y/o rompiente con remolino y algas en gran cantidad.

Como se puede observar acá, la habilitación de playas no considera ningún tipo de riesgo de origen natural, al no contemplar como una condicionante para habilitar una playa, el que esta cuente con vías de evacuación expeditas para que la gran cantidad de población flotante que asiste a los litorales arenosos cada día del verano pueda evacuar de forma rápida y segura, hacia la cota que delimita la zona de seguridad, y hacia los puntos de encuentro de cada zona del borde costero.

4.5.7. Planificación Urbana:

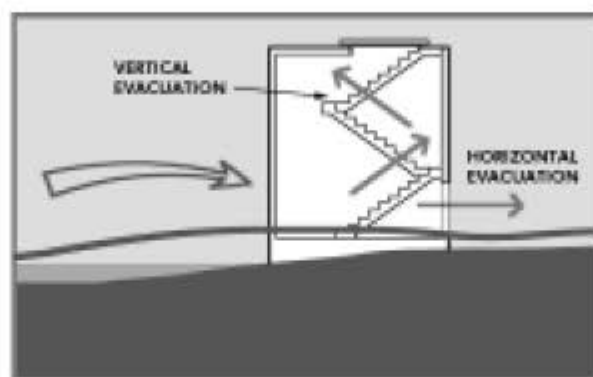
- **Altura de las Edificaciones:** la edificación en altura puede generar mucho conflicto de intereses en el borde costero, pero en los casos en que el municipio establezca zonas donde se permita la construcción en altura, debe estar estipulado que los dos primeros pisos de la edificación no sean utilizados para uso residencial, y que en cambio sean habilitados como estacionamiento o actividades de servicio que no pongan en riesgo la vida de las personas.

Un estudio de cálculo para que estas estructuras sean capaces de no colapsar durante un terremoto es esencial, como también un estudio que estipule que el material de construcción va a ser capaz de mantenerse en pie durante un tsunami, para que estos se constituyan como una vía de evacuación vertical efectiva.

De acuerdo a este último punto, ONEMI (2005), propone consideraciones mínimas a incorporar en la LUGC, "tal como indica una normativa sobre riesgo sísmico – mediante el cálculo estructural de sismorresistencia en las construcciones – una normativa sobre construcciones tsunami-resistentes en el borde costero, donde se establezca que los dos primeros pisos no pueden ser destinados a uso habitacional, que la edificación presente un ángulo de 90° de exposición al mar hasta el quinto piso, y que en su interior cuente con facilidades para la evacuación vertical, con el consiguiente despeje de la terraza superior de la edificación", para contribuir así a la prevención de tsunamis y marejadas.

- **Vías de evacuación:** en este punto, se debe considerar tanto la evacuación horizontal como la vertical. En la imagen que se muestra a continuación se puede ver de forma más clara estos dos conceptos.

Figura 8: Evacuación vertical y horizontal



Fuente: NTHMP, 2001

Se debe considerar que en un ejercicio de evacuación vertical, las escaleras establecidas en los edificios para tal práctica deben ser cerradas y no contar con ventanales que puedan colapsar cuando las personas estén evacuando, obstaculizando dicha actividad, y poniendo en peligro la vida de las personas.

En cuanto a las vías de evacuación horizontal, de los Instrumentos de Planificación revisados, el único Municipio que tiene establecidas las vías de evacuación por tsunami es la comuna de Coquimbo. Esta situación se debe remediar en el corto plazo, y todos los municipios costeros de la Región deben tener establecidas las rutas de evacuación para cada uno de los sectores costeros que se encuentren en riesgo, con un estudio de factibilidad de que dicha vía es apropiada para constituirse como una vía de evacuación, como el de realizar simulacros y verificar que desde las áreas de inundación hacia zonas seguras hay un tiempo de escape menor al del arribo de una inundación marina causada por fenómenos naturales extremos.

Por otro lado, estas vías deben tener un ancho considerable para que las personas puedan evacuar y no se genere congestión, por lo que se recomienda que en el minuto de establecer una vía de evacuación, esta sea una **vía expresa, vía troncal o vía colectora**, que según el artículo 2.3.4. de la OGUC deben poseer ancho mínimo de 50 m, 30 m y 20m respectivamente.

Otra consideración pertinente en cuanto al trazado vial urbano, es el de tener en cuenta que las vías pavimentadas se transforman en un atenuante del flujo de una inundación de los tsunamis y marejadas, al ser lisas y no presentar obstáculos en el terreno que disipen la energía de la inundación, por lo que la construcción de vías nuevas se debe realizar cuando el Ministerio de Obras Públicas lo considere necesario, previo a un estudio de localización de esta, para que se sitúe en áreas donde el riesgo sea el mínimo, y con pendientes hacia el mar para minimizar el riesgo.

- **Señalética:** en el litoral chileno, es función de los municipios costeros la instalación de carteles que indiquen las vías de evacuación, pero estos son escasos y muchas veces confusos, al indicarle a la gente que la ola viene desde el continente y hay que correr hacia el mar, por ejemplo. Se recomienda a los municipios costeros de la Región de Coquimbo que instalen carteles según los estándares de la Norma ISO 20712:2008, propuesta por la Comisión Permanente del Pacífico Sur y adoptada por el SHOA el año 2010, las cuales pueden ser visualizadas a continuación:

Figura 9: Señalética de tsunamis

1. Zona de Peligro/Amenaza de Tsunami.	
2a. Ruta de evacuación por Tsunami a área segura de evacuación.	
2b. Ruta de evacuación por Tsunami a área segura de evacuación.	
2c. Ruta de evacuación por Tsunami a área segura de evacuación.	
3a. Ruta de evacuación por Tsunami a Edificio seguro de Evacuación.	
3b. Ruta de evacuación por Tsunami a Edificio seguro de Evacuación	
3c. Ruta de evacuación por Tsunami a Edificio seguro de Evacuación	
4. Área segura de evacuación por Tsunami.	
5. Edificio seguro de evacuación por Tsunami.	

Fuente: CPPS, 2010.

Estos carteles deben estar localizados en sectores visibles y deben tener un porte adecuado que asegure que todas las personas que deben evacuar un determinado sector sean capaces de verlo y entenderlo.

Otra consideración que se debe tener con respecto a la señalética de los tsunamis, es el de poner mapas de la localidad en particular, indicando la zona de inundación, áreas seguras y vías de evacuación, para que la población tenga un pleno conocimiento de las medidas a realizar en caso de tsunami.

- **Servicios básicos:** toda área urbanizada debe contar con instalaciones sanitarias, de electricidad, gas y comunicaciones. Para la realización de esto se recomienda seguir las indicaciones estipuladas en la Ordenanza del PRC de Coquimbo (1984), que establece que todas las instalaciones que provean servicios básicos a la comunidad deben ser subterráneas, salvo el tendido eléctrico que irá por sobre la superficie, pero cuyo empotramiento y fundaciones debe ser calculada para los efectos de un tsunami.

- **Almacenamiento de sustancias peligrosas:** debe estar contemplado en un proceso de zonificación del borde costero el tema del almacenamiento de sustancias peligrosas como lo son el petróleo, gas, químicos, etc. En caso de que sea absolutamente necesario, previo informe de la autoridad competente, estas sustancias deben ser almacenadas de forma subterránea con todas las precauciones posibles para que no se derramen con un tsunami o evento de marejada, y en caso de que se almacenen en la superficie, los contenedores deben estar reforzados y protegidos con estructuras de acero y/o hormigón armado capaces de soportar la energía de una inundación marina.

- **Instalación de Industrias:** si bien en los Instrumentos de Planificación Territorial dictados para la Región de Coquimbo no contemplan el uso industrial en áreas de inundación, se debe poner hincapié a la fiscalización para que no se instalen industrias en estas áreas al ser un factor de riesgo para la población que se encuentra en el borde costero en el minuto de un evento natural extremo, ya que el derrame o arrastre de productos industriales acarrea consigo impactos ambientales que se suman al desastre causado por una inundación marina, que puede causar problemas a la salud de las personas (NTHMP, 2001).

4.5.8. Turismo

De acuerdo a los datos proporcionados por SERNATUR (2006), la Región de Coquimbo recibe 2.116.886 turistas al año, y uno de los atractivos principales que ofrece la región es el turismo de playa y sol, siendo el complejo La Serena-Coquimbo el que acapara al 8,8% de visitas al nivel nacional, con una distribución relativamente pareja a lo largo de los meses del año, que aumentan el número de personas que podrían ser vulnerables a sufrir las consecuencias devastadoras de un tsunami o marejadas.

Es por esto, que se debe contemplar que en la infraestructura turística de la Región de Coquimbo existan planes de prevención de riesgos de marejada y tsunami, como son la construcción tsunami-resistente y entrega de folletos con información acerca de los riesgos que conlleva visitar la zona, entre otros.

4.5.9. Bosques Costeros

Como se puede observar en el **Mapa 4**, la zona costera de la Región de Coquimbo cuenta con áreas que poseen plantaciones de “artiplex”, el cual corresponde a una “especie quenopodiacia arbustiva, erecta, perenne, de color cenizo o grisáceo, de mediana altura (1.0 a 3.0 metros), con raíces profundas, que penetran hasta 6 metros por debajo del suelo” (Romero et al.2003).

Los bosques costeros son una buena forma de mitigar los efectos de una inundación marina causada por eventos naturales extremos, pero hay que tener una serie de consideraciones con respecto a esto, las cuales son:

- Los bosques no deben contar con una zona abierta sin vegetación que beneficie que la inundación encuentre un cauce por donde seguir e inundar vastas zonas costeras.
- Estos bioescudos vegetales deben contar con un debido plan de manejo de las especies, que contemplen podas, renovales, y otros mecanismos, para que en el minuto de una inundación marina, las especies presentes en el bosque no se conviertan en otro elemento que será arrastrado por la inundación, y que pone en peligro la vida de las personas y la infraestructura costera.

De acuerdo a Lagos (1996), otra especie con la que se recomienda forestar en estas zonas es el Eucalipto camaldulensis, que se adapta a climas secos, y puede alcanzar en 10 años alturas promedio de 19 a 22 metros de altura.

En este punto se debe tener en consideración, como ya fue mencionado anteriormente, la amenaza potencial de incendio forestal que acarrea la instalación de un bioescudo vegetal, considerando además la cantidad de turistas que asisten al año a los litorales de la Región de Coquimbo, los cuales pueden hacer un mal uso de estos bosques, situación que podría terminar en un incendio.

4.5.10. Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado, SNASPE

En la zona costera de la Región de Coquimbo se localiza el Parque Nacional Fray Jorge ($30^{\circ}30' \text{ S}$ – $71^{\circ}35' \text{ W}$), en el cordón de cerros de la Cordillera de la Costa conocido como *Altos de Talinay*, limitando al oeste con el océano Pacífico (Conaf, s.f.).

La característica que más resalta de este parque es su vegetación, que es un bosque nativo de tipo “siempre verde” más septentrional de Chile, y su presencia está asociada a condiciones climáticas especiales (Conaf, 1999).

Se menciona este punto en los mecanismos de prevención de riesgos naturales asociados al mar, debido a la eficacia que tienen los bosques costeros en la disminución de la velocidad del flujo de una inundación costera, por lo que se debe propender a cuidar el bosque, que se transforma en un buen mecanismo de mitigación para tierras aledañas.

5. REFLEXIONES FINALES

A modo de conclusión, se puede decir que el borde costero de la Región de Coquimbo no se escapa a la amenaza de tsunamis y marejadas al igual que toda la costa del país. Así, el MINVU, con la Ley General de Urbanismo y Construcciones con su respectiva Ordenanza tienen estipulado que se deben realizar estudios de Riesgo en la cual la zona a planificar está inmersa, para así prevenir el desenlace de desastres y catástrofes.

Se pudo observar con el pasado tsunami del 27 de febrero de 2010 que en Chile falta mucho por hacer en términos de Planificación Territorial para evitar que un tsunami arrase con toda la infraestructura presente en la costa y ponga en peligro tanto las posesiones materiales como la vida de los habitantes del borde costero.

La Región de Coquimbo, que no tiene un tsunami de grandes proporciones desde 1730, cuenta con estudios de Riesgo por tsunami, realizado por la Seremi de Vivienda y Urbanismo de Coquimbo, en donde se delimitan las áreas de inundación para cada sector costero de la Región, y se debe velar para que en los Instrumentos de Planificación Territorial de Coquimbo se tengan consideraciones mínimas de prevención de riesgos de origen natural asociados al mar, como las que se plantearon en el presente estudio.

Se pudo observar a lo largo del presente estudio, que la prevención del riesgo de tsunami y marejadas en la costa de la Región de Coquimbo es tarea de muchos organismos e Instituciones, que deben actuar conjuntamente para evitar poner en riesgo a la población, y si bien en este espacio se generan una gran cantidad de conflictos por la posesión y uso de este, siempre se debe considerar que sin una planificación adecuada, se ponen en riesgo los bienes materiales y la vida de las personas.

Con la realización de las cartas de inundación por tsunami para el Borde Costero de la Región, se pudo observar que hay que tener un especial cuidado con la ciudad de Tongoy, la cual queda aislada en caso de que hubiese un tsunami, al ser inundada a lo largo de toda la península, y por la entrada a esta desde el continente, quedando toda la población aislada, y si bien en los meses de invierno la población residente es capaz de evacuar sin problemas, la pregunta es que pasará en los meses estivales, y si la península tendrá la capacidad de albergar a la gran cantidad de población flotante de la ciudad en áreas seguras.

En cuanto a las vías de evacuación, se debe poner un énfasis especial en aquellas localidades del borde costero que no cuentan con estas, a fin de determinarlas e instalar la señalética pertinente. También hay que considerar que si bien la ciudad de La Serena, que se vería muy afectada en el caso del arribo de un tsunami o una inundación marina de grandes proporciones, cuenta con vías de evacuación establecidas en la carta de inundación por tsunami, estas están muy distanciadas entre sí, y una persona que debe evacuar y no se encuentra en una zona cercana a las vías establecidas para este ejercicio, puede perder gran cantidad de tiempo en sólo arribar a una de las vías para luego realizar la evacuación horizontal, y después comenzar a escapar del arribo de las olas hasta llegar a una zona segura. Para estos casos se propone como solución posible establecer vías de evacuación vertical en la gran cantidad de edificios localizados en el borde costero de esta ciudad.

En cuanto a esto, se debe tener en consideración que la Ciudad de La Serena, al estar emplazada en un terreno de vegas, puede hacer que los edificios y la infraestructura costera en general podría colapsar en caso de un eventual terremoto con potencial tsunamigénico, por lo que se deben poner todos los esfuerzos posibles para que las fundaciones de las construcciones que se instalen en las áreas de inundación tengan cimientos fuertes capaces de mantenerse en pie ante un evento natural extremo.

Con la revisión de los IPT de las comunas costeras de la Región de Coquimbo se pudo constatar que la Comuna con el mismo nombre y el PRI costero de la Región son los únicos que cuentan con medidas de prevención del riesgo de tsunami, las cuales quedan especificadas en sus Ordenanzas Locales y Memorias Explicativas (Ver anexo N°5). A futuro, se debe propender que todas las comunas costeras de la Región cuenten con consideraciones mínimas de prevención de riesgos de tsunami y marejadas incorporados en los PRC para contribuir a prevenir el riesgo

También se debe mencionar en este apartado que si bien el tema de el presente estudio fueron los riesgos de origen natural asociados al mar, Chile cuenta con una gran cantidad de riesgos de origen natural como lo son los deslizamientos de tierra, erupciones volcánicas e inundaciones, entre otros, que deben estar considerados en los Instrumentos de Planificación Territorial para poder prevenir y evitar futuras catástrofes.

Por último se puede decir que para prevenir desastres de origen natural no sólo basta con contar con una planificación del territorio donde se consideren los riesgos de origen natural en que cada región del país está inmersa, también se debe educar a la población, para que las

personas que habitan una zona de riesgo sean conscientes del riesgo que conlleva vivir en un determinado lugar, como es el caso del borde costero, que siempre va a estar expuesto a la amenaza constante de tsunamis y marejadas; para evitar lo ocurrido el 28 de julio pasado, que pese a las advertencias de alejarse de los roqueríos y los paseos junto al mar, un padre con su hijo murieron en la localidad de Los Molles en la Región de Valparaíso, que estaban en un roquerío contemplando el intenso oleaje causado por una tormenta marina (LUN, 2010).

A modo de síntesis final, quiero terminar este trabajo con una reflexión personal sobre la importancia que tiene la ONEMI en nuestro país, en el contexto de estar amenazados por una gran cantidad de fenómenos naturales. Este organismo está a cargo de la protección civil del país, en donde como ya se mencionó, se contempla un ciclo de prevención del riesgo, y es acá donde creo que este trabajo puede aportar en orden de intentar evitar futuras catástrofes como la que vivimos el 27 de febrero pasado.

La ONEMI como organismo del Estado debe velar para que las autoridades planifiquen de una manera adecuada el territorio con fin de proteger a la población, y es por esto que se deben poner todos los esfuerzos para lograr esto, realizando estudios que permitan la concreción de la tarea para la cual ONEMI fue fundada.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVAREZ, A.; JUANES, J.L.; GARCÍA, C. (2001): ***Alternativa para la protección de instalaciones turísticas ante la ocurrencia de eventos erosivos extremos en la playa de Varadero***, Instituto de Oceanografía, vol. 0, nº 0, La Habana, Cuba, 7p.
- ANDRADE, B. (2001): ***Los Espacios Litorales: definiciones, actores, desafíos, perspectivas***, en ***Ordenamiento del territorio en Chile. Desafíos para el trrcer milenio***, Ediciones P.U.C., Santiago, Chile, 10p.
- ANDRADE, B.; ARENAS, F.; GUIJÓN, R. (2008): ***Revisión crítica del marco institucional y legal chileno de ordenamiento territorial: el caso de la zona costera***, Revista de Geografía Norte Grande, vol.41, pp. 23-48.
- ARENAS, F. (2010): ***Cátedra de Ordenamiento Territorial***, Pontificia Universidad Católica de Chile.
- AYALA, F.; OLCINA, J. (2002): ***Riesgos Naturales***, Editorial Ariel, Barcelona, España, 1.512 p.
- BARRAGÁN, J.M.; CASTRO, C.; ALVARADO, C. (2004): ***La zona costera Chilena: caracterización geográfica y estado de la gestión***, Revista Geográfica de Valparaíso, nº 35, pp. 17-35.
- BRIGNARDELLO, L. (1996): ***Perspectivas y lineamientos de Ordenación Territorial en cuencas hidrográficas mediante la aplicación de un SIG, caso del Río Cisnes, XI Región de Aysen***, Proyecto de Práctica Profesional para optar al título de geógrafo, P.U.C., 81p.
- BRYANT, E. (2001): ***Tsunami, the underrated hazard***, Universidad de Cambridge, Reino Unido, 320p.
- CASTRO, C.; LAGOS, M.; FARIÁS, M. (1999): ***Software de Apoyo a la Docencia, Curso Geografía del mar y del Litoral*** [en línea] [fecha de consulta: 20 de marzo de 2009] disponible en http://www.uc.cl/sw_educ/geo_mar/
- CASTRO, C.; BRIGNARDELLO, L. (2005): ***Geomorfología aplicada a la ordenación territorial de litorales arenosos. Orientaciones para la protección, usos y aprovechamiento sustentables***

del sector Los Choros, comuna de la Higuera, IV Región", *Revista de Geografía Norte Grande*, n°33, pp.33-58.

- CASTRO, C.; MORALES, C. (2006): **"La zona costera: medio natural y ordenación integrada"**, *Serie Geolibros P.U.C.*, N°5, 210P.

- CASTRO, C.; ALVARADO, C. (2009): **"La gestión del litoral Chileno: un diagnóstico"**, *Manejo Costero Integrado, IBERMAR*, Ciencia, Tecnología y Desarrollo, 22p.

- CENTENO, J.D. (2008): **"Sistemas Meteorológicos"**, *Geodinámica Externa*, 12p.

- Comisión Nacional de Uso del Borde Costero [en línea] [fecha de consulta: 7 de junio de 2010] disponible en <http://www.bordecostero.cl>

- Comisión Nacional de Uso del Borde Costero (2008): **"Zonificación del Borde Costero"** [en línea] [fecha de consulta: 7 de julio de 2010] disponible en <http://www.bordecostero.cl>

- Corporación Nacional Forestal [en línea] [fecha de consulta: 25 de junio de 2010] disponible en <http://www.conaf.cl>

- Corporación Nacional Forestal, CONAF (1999): **"Plan de Manejo Parque Nacional Fray Jorge"**, La Serena, Chile, 186p.

-COMISIÓN OCEANOGRÁFICA INTERGUBERNAMENTAL, COI, DE LA ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA CULTURA, UNESCO. (2008): **"Preparación para casos de tsunamis"**, *Guía informativa para los planificadores especializados en medidas de contingencia ante catástrofes*, 27 p.

- Dirección de Obras Portuarias, D.O.P. (2005): **"Sistema Portuario Chileno"**, Santiago, Chile, 132p.

- GUIJON, R. (2007): **"Diagnóstico y aplicabilidad de las normas jurídicas de ordenamiento territorial en la zona costera de la Región del Maule"**, *Seminario de Grado para optar al grado de licenciado en Geografía*, P.U.C., 57p.

- GUSIAKOV, V.K. (2005): "**Tsunami Generation Potential of different Tsunamigenic regions in the Pacific**", *Marine Geology*, n°215, pp. 3-9.
- Ilustre Municipalidad de Viña del Mar [en línea] [fecha de consulta: 28 de julio de 2010] disponible en <http://www.munivina.cl/?seccion=0.33>
- Instituto Nacional de Estadísticas [en línea] [fecha de consulta: 25 de junio de 2010] disponible en <http://www.ine.cl>
- Instituto Nacional de Estadísticas (2006): "**Compendio Estadístico: Síntesis Geográfica Regional**", Santiago, Chile, 42p.
- KINGMA, N.; WESTEN, C.V.; VARGAS, R.: "**Evaluación de la amenaza por inundación**", Documento de UNESCO, 45p.
- KUROIWA, J. (2004): "**Disaster Reduction: Living in harmony with nature**", Chapter 4.2: Tsunamis, *Quebecor World*, Lima, Perú, 495p.
- LAGOS, M. (1996): "**Definición de área potencia de inundación por tsunami en la ciudad de Arica**", Seminario de Grado presentado al Instituto de Geografía de la P.U.C., Santiago, Chile, 122p.
- LAGOS, M. (2000): "**Tsunamis de origen cercano a las costas de Chile**", *Revista de Geografía Norte Grande*, n°27, pp.93-102.
- LAGOS, M.; CISTERNAS, M. (2004): "**Depósitos de Tsunami como indicadores de riesgo: evidencias sedimentarias**", *Terra Australis*, pp.329-351.
- LAGOS, M.; GUTIERREZ, D. (2005): "**Simulación del tsunami de 1960 en un estuario del centro-sur de Chile**", *Revista de Geografía Norte Grande*, n°33, pp.5-18.
- LAGOS, M.; CISTERNAS, M.; MARDONES, M. (2008): "**Construcción de Viviendas Sociales en Áreas de riesgo de Tsunami**", *Revista de la Construcción*, vol.7, n° 2, pp.4-16.

- LAGOS, M.; CISTERNAS, M. (2008): **"El Nuevo Riesgo de Tsunami: Considerando el Peor Escenario"**, Diez años de cambios en el Mundo, en la Geografía y en las Ciencias Sociales, 1999-2008. Actas del X Coloquio Internacional de Geocrítica, Universidad de Barcelona, 18p.

- LAGOS, V.; TORRES, J.M.; NOTON, C. (2001): **"Conservación de la Diversidad Biológica: El Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado (SNASPE) como herramienta de Gestión para la Región de Coquímbo"**, en Libro Rojo de la Flora Nativa y de los sitios Prioritarios para su Conservación, Ediciones Universidad de La Serena.

- Las Últimas Noticias, LUN [en línea] [fecha de consulta: 29 de julio de 2010] disponible en <http://lun.cl>

- MC CAFFREY, R. (2007): **"The Next Great Earthquake"**, Science, v.315, pp.1675-1676.

- MEDINA, R.; MÉNDEZ, F. (2006): **"Inundación costera originada por la dinámica marina"**, Universidad de Cantabria, España, 8p.

- Ministerio de Obras Públicas, M.O.P (2008): **"Síntesis Regional de Coquímbo, 2007"**, 127p.

- Ministerio de Vivienda y Urbanismo, MINVU (2010): **Facultades legales e Información relacionada con la actuación del Ministerio en el Borde Costero"**, Santiago, Chile, 3p.

- National Tsunami Hazard Mitigation Program, NTHMP (2001): **"Designing for Tsunamis"**, Portland, USA, 60p.

- NOVOA, J.E.; LÓPEZ, D. (2001): **"IV Región: Escenario Geográfico Físico"**, en Libro Rojo de la Flora Nativa y de los sitios Prioritarios para su Conservación, Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile, pp.13-28.

- Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior Y Seguridad Pública, ONEMI (2005): **"Solicitud sobre condiciones de riesgo en el borde costero"**, Santiago, Chile, 3p.

- Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública, ONEMI (2009): **"Riesgo Hidrometeorológico"**, Santiago, Chile, 22p.

- Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública, ONEMI (2009): ***"Normativas urbanas aplicables a la gestión de riesgos en la nueva ciudad de Chaitén"***, Proyecto de Práctica Profesional del Estudiante Jaime Brehne, Santiago, Chile, 51p.

- Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública, ONEMI (2009): ***"Marco Conceptual en Protección Civil"***, Santiago, Chile, 11p.

- Oficina Nacional de Emergencia del Ministerio del Interior y Seguridad Pública, ONEMI [en línea] [fecha de consulta: 25 de mayo de 2010] disponible en http://www.onemi.cl/html/ejes/eje_19.html

- Oficina Regional de Emergencia de Coquimbo, OREMI. (2010): ***"Ejercicio de simulacro de alerta de tsunami, antecedentes preliminares"***, La Serena, Chile.

- OLTREMARI, J. (2010): ***"Cátedra de Manejo de Áreas Protegidas"***, Pontificia Universidad Católica de Chile.

- ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA EDUCACIÓN, LA CIENCIA Y LA CULTURA, UNESCO. (2004): ***"Living with risk: a global review of disaster reduction initiatives"***, Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres, EIRD, 398 p.

- PASKOFF, R. (1993): ***Geomorfología de Chile Semiárido"*** Ediciones Universidad de La Serena, La Serena, Chile, 317p.

- ROMERO, J.; RAMÍREZ, R. (2003): ***"Atriplex Canescens (purch, nutt), como fuente de alimento para las zonas áridas"***, Ciencia UANL, Monterrey, México, pp.85-92.

- SATAKE, K.; ATWATER, B. (2007): ***"Long-Term Perspectives on Giant Earthquakes and Tsunamis at Subduction Zones"***, Earth Planet Science, Annual Review, nº 35, pp.349-374.

- Secretaría Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo, Región de Coquimbo (2008): ***"Diagnóstico áreas de riesgos localidades costeras, Región de Coquimbo"***, 46p.

- SERVICIO NACIONAL DE TURISMO, SERNATUR (2006): ***"Plan de Acción de Turismo 2006-2010"***, Santiago, Chile 33p.

- SHUTO, N. (1993): **"Tsunami intensity and disasters"**, in *Tsunamis in the World*, S. Tinti Ed., Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, pp. 197–216.

- SOLOVIEV, S.L; GO, CH. N. (1975): **"Catalogue of tsunamis on the eastern shore of the Pacific Ocean"**, Nauka Publishing House, Moscú, Rusia, 204p.

- STRAHLER, A.; STRAHLER, A. (1989): **"Geografía Física"**, Ediciones Omega, Barcelona, España, 550p.

- Subsecretaría de Desarrollo Regional y Administrativo, SUBDERE, [en línea] [fecha de consulta: 10 de julio de 2010] disponible en <http://sinim.cl>
- TANAKA, N. (2009): **"Vegetation bioshields for tsunami mitigation: review of effectiveness, limitations, construction, and sustainable management"**, *Landscape, Ecology and Engineering*, vol.5, pp.71–79.

- THOMAS, C. (1980): **"Microzonificación sísmica de La Serena y Coquimbo"**, Memoria para optar al título de Ingeniero Civil, Departamento de Obras Civiles, Universidad de Chile, Santiago, Chile.

- WALSH,T.; TITOV, V.; VENTURATO, A.; MOFJIELD, H.; GONZALEZ, F. (2005): **"Tsunami Hazard Map of the Anacortes-Whidbey Island Area, Washington: Modeled Tsunami Inundation from a Cascadia Subduction Zone Earthquakes"**, Washington: Division of Geology and earth resources, escala 1:50.000.

NORMATIVAS DE ORDENAMIENTO TERRITORIAL REVISADAS

- Ley General de Urbanismo y Construcción, con su respectiva Ordenanza.
- D.L 3516 de 1980, SOBRE LA subdivisión de Predios Rústicos.
- D.S. 475 de 1994: Política Nacional de Uso del Borde Costero Litoral.
- D.S. 660 de 1998, sobre las concesiones, control, fiscalización y vigilancia de la costa y Mar Territorial de la República,
- D.F.L. 340 de 1960, sobre las Concesiones Marítimas.
- Ley 20.062, que regulariza la situación de ocupaciones irregulares en el Borde Costero.
- D.F.L. 5 de 1983, sobre la Industria Pesquera y sus derivados.
- D.F.L. 206 de 1960 y Ley 15.840 del Ministerio de Obras Públicas, que fija las facultades de la Dirección de Obras Portuarias.
- D.L. 1939 de 1977, sobre la Administración de los Bienes del Estado.
- Ley 18.362, que crea al Sistema Nacional de Áreas Silvestres Protegidas del Estado.
- Ley 19.300 de 1994, sobre las Bases Generales del Medio Ambiente.
- Ley 18.695 Orgánica Constitucional de Municipalidades
- D.S. 4.363 de 1931, que crea la Ley de Bosques.
- Ley 19.542 de 1997, sobre la modernización del Sector Portuario Estatal.

- D.S. 239 de 1998, del Ministerio de Obras Públicas, que da inicio a las actividades del Puerto de Coquimbo.
- Ley 18.966 de 1990, en donde se habilitan los Puertos de Uso Privado en la Región de Coquimbo.
- D.s 1340 de 1941, Reglamento general de Orden, Seguridad y Disciplina en las naves y Litoral de la República.
- D.F.L. 292 de 1953, Ley Orgánica de la Dirección General del Territorio Marítimo y Marina Mercante.
- D.L. 2.222 de 1978, que establece la Ley de Navegación.
- D.S. 430 de 1991, Ley General de Pesca y Acuicultura.
- D.S. 7.388 de 1997, Documento Oficial de Sernapesca que fija nómina oficial de Caletas de Pescadores Artesanales.
- Ley 20.893 de 2008, sobre la Recuperación del Bosque Nativo y Fomento Forestal.
- D.F.L. 701 de 1974, sobre el Fomento Forestal.

INSTRUMENTOS DE PLANIFICACIÓN TERRITORIAL REVISADOS

- Propuesta de Zonificación del Borde Costero de la Región de Coquimbo del año 2005, realizado por la Comisión Regional de Uso del Borde Costero Litoral.
- Ordenanza Local y Memoria Explicativa, Plan Regulador Intercomunal Costero de la Región de Coquimbo del año 2005, realizado por la Secretaría Regional Ministerial de Vivienda y Urbanismo de Coquimbo.
- Plan Regulador Comunal de la Ilustre Municipalidad de La Serena, del año 2008.
- Plan Regulador Comunal de la Ilustre Municipalidad de Coquimbo, del año 1984.
- Plan Regulador Comunal de la Ilustre Municipalidad de Ovalle, del año 2004.
- Plan Regulador Comunal de la Ilustre Municipalidad de Los Vilos, del año 1985.

