

Vulnerabilidades y desastres socio-naturales: aportes desde la Geografía al proceso de Reconstrucción en la Región del Biobío.

Vulnerabilities and socio-natural Hazards: Contributions from Geography to the Reconstruction Process in BioBio's Region

Carolina Martínez Reyes
Geógrafo, Dra. Geografía
Departamento de Geografía, Universidad de Concepción,
Email: carolmartinez@udec.cl

Proyecto FONDECYT N° 11100379

Resumen

El terremoto y tsunami del 27/F de 2010 provocaron profundas transformaciones territoriales en la costa de la Región del Biobío dado sus efectos devastadores. Como aporte al proceso de Reconstrucción actualmente en desarrollo, se realizaron estudios específicos en las localidades más afectadas, orientados a evaluar los elementos vulnerables y el riesgo asociado a tsunamis históricos y de escenarios extremos. Se diseñó una metodología centrada en el carácter local de los asentamientos, que permitiera reflejar la dimensión dominante de la vulnerabilidad, su relación con la adaptabilidad a los cambios socio-territoriales actuales y la creación de los nuevos escenarios de riesgo derivados. Se realizaron 14 estudios específicos donde los escenarios extremos fueron distintos aún en localidades vecinas, siendo los eventos de 1835, 1960 y 2010, los principales. Los resultados se discuten en función de la diferenciación espacial encontrada y los factores que explicaron las jerarquías de vulnerabilidad /riesgo.

Palabras clave: tsunami, resiliencia social, riesgo natural, Planificación territorial

Abstract

The earthquake and tsunami of 27/F of 2010 caused significant territorial changes on the coast of the Biobío Region given its devastating effects. As a contribution to the process of Reconstruction currently developing specific studies were conducted in the most affected communities, aimed at vulnerable elements and assess the risk associated with historical tsunamis and extreme scenarios. A methodology based on the local character of settlements that would reflect the dominant dimension of vulnerability, his relationship with the adaptability to current socio-territorial changes and the creation of new scenarios designed derivatives risk. 14 specific studies where extreme scenarios were different even in neighboring towns, with the events of 1835, 1960 and 2010, the main were performed. The results are discussed in terms of the spatial differentiation and found factors that explained the hierarchy of vulnerability/risk.

Key words: tsunami, social resilience, Natural Risk, Territorial Planning

Introducción

La costa chilena fue afectada el 27 de Febrero de 2010 por uno de los sismos tsunamigénicos más grandes de los que se tenga registro ($M_w=8,8$). Dada la gran concentración de población en las áreas costeras del país (20% del total nacional), sus efectos fueron devastadores a lo largo de 600 km, generándose además un tsunami transpacífico. Unas 500 personas perdieron la vida y sus efectos geomorfológicos, ecológicos y socio-territoriales han sido bien detallados en diversas publicaciones (Jaramillo et al., 2012; Jaramillo et al., 2012a; Valdovinos et al., 2012; Quezada et al., 2010, Farías et al., 2010; Martínez et al., 2011; Martínez et al., 2012; Vargas et al., 2011).

Estos eventos son fenómenos recurrentes en la costa de Chile dado el contexto tectónico (Urrutia y Lanza; Monge, 1993; Lorca y Recabarren, 1994; Lagos, 2000). Solo en la Región del Biobío, cuatro terremotos tsunamigénicos son los mejor registrados y recordados por sus efectos destructivos: 1657, 1730, 1751 y 1960, especialmente el de 1751 el cual obligó a la ciudad de Concepción a relocarse desde Penco a su actual sitio (Udías et al., 2012; Palacios, 2012). De acuerdo con estudios realizados por Belmonte (2013) para esta zona, un periodo de retorno de 130 ± 15 años para sismos con magnitud $M^{38.5}$ se correlacionan adecuadamente con la historia de grandes terremotos, mientras que sismos considerados “gigantes” con magnitud $M^{39.5}$ se correlacionan mejor con periodos de retorno del orden de 500 ± 60 años.

Además, otros fenómenos de carácter peligroso tales como huracanes y tormentas tropicales han ido aumentando su recurrencia y están impactando con gran fuerza a las áreas costeras cada vez más urbanizadas. Diferentes centros de investigación en el

mundo están dando cuenta de escenarios de cambio relacionados principalmente con el aumento de la temperatura y el nivel del mar en las costas del hemisferio norte y de América central (Day et al., 2005; Posada y Henao, 2008; Fatori y Chelleri, 2012), lo cual hace necesario investigar tendencias en Chile y proponer mecanismos de adaptación ante eventuales fenómenos naturales, especialmente si se tiene un territorio donde el desarrollo de amenazas es un hecho común.

Por ello, los estudios específicos de riesgos centrados en la capacidad de adaptación a diferentes escenarios de cambio, con énfasis en la resiliencia de ciudades y de comunidades son de la mayor necesidad hoy en día. Desde la Geografía, los riesgos naturales han sido una línea de trabajo central a partir de los trabajos de Gilbert White y Burton en los años '60, aunque históricamente dispersa. El trabajo interdisciplinario es fundamental en este tipo de estudios y dada la complejidad de analizar las diferentes dimensiones del riesgo, esto aún se dificulta, sin embargo el cambio de centro de gravedad hacia lo más interno de la vulnerabilidad (lo perceptual) parece ser un camino viable y el que más se ajusta al análisis de resiliencia ante desastres. Conociendo lo que es vulnerable en el sentido del riesgo, se podrá asociar el nivel de resiliencia. En este sentido, adaptabilidad y resiliencia son conceptos complementarios.

El terremoto y tsunami del 27/F generó una oportunidad para reflexionar sobre nuestra conciencia del riesgo, revisar nuestras políticas urbanas y sus instrumentos de planificación, así como la manera de hacer gestión del riesgo. Actualmente nos encontramos en un Proceso de Reconstrucción, creador de nuevos escenarios de riesgo, sobre los cuales actuarán las futuras amenazas.

¿Cómo responderán nuestros asentamientos costeros y nuestra comunidad ante los nuevos eventos?.

Luego de tres años de trabajo en las localidades costeras más afectadas de la región, facilitado por el proyecto de investigación Fondecyt N° 11100379, es posible sintetizar la experiencia recogida en el conocimiento de los factores de riesgo con énfasis en la vulnerabilidad ante tsunamis. Esto ha sido posible gracias al trabajo colaborativo e interdisciplinario entre investigadores de la U. de Concepción (Dr. Arturo Belmonte, Dr. Jorge Quezada y Dr. (C) Octavio Rojas) y de la U. Católica de la Santísima Concepción (Dr. (C) Rafael Aránguiz). El aporte entusiasta de los alumnos tesis de geografía de la Udec, asumieron desde la disciplina, la función de contribuir con conocimiento técnico-científico al proceso de Reconstrucción actual.

Recientemente y con la colaboración de la Dra. Paula Villagra de la U. Austral de Chile, se inició una investigación en resiliencia costera en las localidades de Dichato y Tubul. Parte de estos resultados fueron presentados en los Seminarios de la U. Austral y U. de Concepción, cuyos aportes se recogen en esta revista. A la fecha y como resultado de este proyecto Fondecyt, se han realizado 17 estudios específicos de riesgos naturales, priorizándose el riesgo de inundación por tsunamis con 14 estudios, debido a que generó los mayores daños en la zona. Esta contribución por lo tanto, tiene por objetivo presentar la metodología de trabajo y los principales resultados obtenidos en el estudio de vulnerabilidades socio-territoriales post terremoto, con casos de estudio en las regiones del Biobío y Maule.

1. El contexto geográfico

La costa de la Región del Biobío forma parte de un sistema conjugado de bahías tectónicas abiertas al norte (Fig. N° 1). Los procesos tectónicos y eustáticos del Cuaternario generaron rasgos fisiográficos característicos con extensas planicies de playa y áreas húmedas que hoy en día son ocupadas intensamente por centros urbanos y emplazamiento de infraestructura costera, destacando puertos y caletas pesqueras.

Dentro del área urbana de Concepción, se localiza un sistema de fallas normales que delimitan bloques hundidos y/o basculados, estructura a la cual Quezada (1996) denomina "Fosa Compleja de Concepción", es decir la ciudad se emplaza sobre una fosa tectónica limitada por las fallas Chepe, Lomas y Chacabuco por el NW y las fallas Caracol y Lo Pequén por el SW. De acuerdo con el autor, esta fosa está cortada en su zona central por la falla La Pólvara.

El clima es de tipo mediterráneo de influencia oceánica con estación seca prolongada y lluvias concentradas en la estación invernal (Devynck, 1970), lo cual genera predisposición a las amenazas hidrometeorológicas.

En esta costa se incluye el tercer conglomerado urbano del país (Concepción Metropolitana), el cual ha sido históricamente desarrollado en torno al eje costero. Es así que de las 54 comunas que forman la región, 14 corresponden a comunas costeras, las que agrupan al 51% de la población regional. Esta realidad geográfica hace que las áreas costeras se encuentren permanentemente con riesgo de inundación por tsunamis, dado que la mayoría de los terremotos tsunamigénicos ocurren como fenómenos locales, es decir generados dentro de la zona de subducción del margen continental chileno, a menos de 200 km de la costa.



Figura 1: Localidades costeras de Dichato, Coliumo y Tubul en el contexto regional de Chile central.

Fuente: Elaboración propia.

2. Metodología

Para evaluar el riesgo, se consideró el modelo propuesto por Rojas y Martínez (2012) quienes enfatizan en la recurrencia histórica como factor de riesgo. En el caso de los estudios específicos de Vulnerabilidad, se consideró la definición de vulnerabilidad propuesta

por Cardona (1993) y las dimensiones de la vulnerabilidad definidas por Wilches-Chaux (1993).

La metodología propuesta se indica en la Fig. Nº 2. Esta se organizó de tal manera que cada factor del riesgo constituye un análisis independiente en función del objetivo establecido

(peligrosidad, vulnerabilidad o riesgo), el cual posteriormente es posible integrar a través de matrices de multicriterio utilizando Sistemas de Información

Geográficos (SIG). De esta manera, los tipos de estudios realizados en el período 2010-2013 fueron los siguientes (Cuadro N°1)

Cuadro 1:
Tipos de estudios de riesgo de inundación por tsunami realizados entre 2010 y 2013

Localidad	Autor	Peligrosidad	Vulnerabilidad	Riesgo
Pelluhue	Mauricio San Martín, 2013		X	
Perales	Andrea Aravena, 2012		X	
Coliumo	María F. Ireland, 2012		X	
Dichato	Jocelyn Venegas, 2012		X	
Tomé	Francisca Farfán, 2012		X	
Boca Sur (San Pedro de la Paz)	Constanza Villarroel, 2012; Rafael Aránguiz, 2012	X	X	X
Santa Clara y El Morro (Talcahuano)	Francisco Brañas, 2012		X	
Arauco	Paulina Flores, 2011		X	
Isla Santa María	Roberto Acevedo, 2013		X	
Llico, Arauco y Carampangue	Manuel Peña, 2011		X	
Tubul	Alvaro Altamirano, 2012; Martínez <i>et al.</i> , 2012	X	X	X
Llico	Andrés González, 2013		X	
Lebu	Luciano Rodríguez, 2010		X	
Quidico	Felipe Veloso, 2013		X	

Fuente: Elaboración propia

El análisis de cada factor requirió trabajo interdisciplinario dado que en el caso de tsunamis, el peligro se determina través de modelamiento numérico, técnica de difícil acceso por su nivel de especialización. Por otro lado, el análisis de vulnerabilidad necesita definir previamente las características del grupo humano expuesto y su relación con el entorno natural, lo cual dada su complejidad, no siempre es evidente a la luz de una disciplina. Los procedimientos aplicados según factor fueron los siguientes:

a) Análisis de peligrosidad:

Este análisis, centrado en las características de la amenaza, se abordó a partir de la recurrencia histórica de los eventos de tsunamis en el área, la cual provee el escenario extremo, y de las técnicas de modelamiento numérico que entregan como producto final, el área de propagación, las alturas de flujo y las velocidades de las corrientes asociadas:

b) Recurrencia histórica, escenarios extremos y modelamiento numérico:

Se definió como el número de veces en que el evento se repite durante un tiempo acotado. Se obtuvo elaborando una base de datos histórica a partir de catálogos sísmicos, crónicas y documentación histórica, prensa escrita y testimonios de lugareños que vivieron experiencias con tsunamis recientes. La base de datos consideró información sobre efectos en la población, altura de ola y área de propagación, que se utilizan también posteriormente para validar los mapas de peligrosidad. La característica más relevante de esta base de datos es su carácter geo-espacial, permitiendo la georreferenciación de los eventos para

escalas de detalle.

Para el caso de Tubul y Boca Sur, se dispuso de catálogos sísmicos que permitieron realizar estimaciones de los tiempos de retorno y probabilidad de ocurrencia para diferentes períodos. Los eventos considerados correspondieron a sismos inter-placa con magnitudes superiores a $M=8,0$ que generaron tsunamis en la costa de la región. Los aspectos considerados para elaborar el catastro fueron: epicentro, profundidad, magnitud, mecanismo focal, generación de tsunami, altura de ola, run-up de la ola y efectos ocasionados. Estos datos resultados fueron aportados por el Dr. Arturo Belmonte (en Belmonte, 2013; Martínez et al., 2012). A partir de estos catálogos, fue posible determinar el escenario extremo y definir la condición inicial del tsunami para el modelamiento numérico, considerando los parámetros del plano de ruptura o plano de Wadati-Benioff (Delouis et al., 2010; Pinares, 2006 en Martínez et al., 2012).

Cuando no se contó con estudios previos de peligrosidad o modelamiento numérico, las cotas históricas de inundación se realizaron a través de levantamiento topográfico mediante GPS diferencial, reconstruyendo las áreas de propagación según los testimonios aportados por los lugareños que vivieron directamente estas experiencias. Esto fue especialmente importante en los casos de los tsunamis locales de 1960, 2010 (caso Arauco, Llico, Coliumo, Quidico, Tomé) y el tsunami de campo lejano de Japón, 2011 (Coliumo e Isla Santa María).

Una vez definidos los eventos históricos y posibles de incluir en el modelamiento numérico, fue necesario construir las mallas anidadas de diferente resolución espacial según se indica en Gutiérrez y



Martínez (1997). Para el caso de Tubul (malla de mayor resolución espacial) se utilizaron datos topográficos y batimétricos post terremoto recolectados en las campañas de terreno del proyecto Fondecyt 11100371 y datos aportados por el Dr. Rafael Aránguiz quien aplicó el código NEOWAVE desarrollado en la Universidad de Hawaii (Yamazaki et al., 2010 en Martínez et al., 2012) para

obtener los tiempos de arribo del tsunami a la costa, las velocidades de corrientes, el área de inundación y las alturas de ola. Estos resultados fueron validados con los informes técnicos y antecedentes publicados para luego generar el mapa síntesis de peligrosidad. Los niveles de peligrosidad fueron determinados a partir de alturas de flujo de 0, 0.5 y 2.0m definidos por Beyer y Aránguiz (2010).

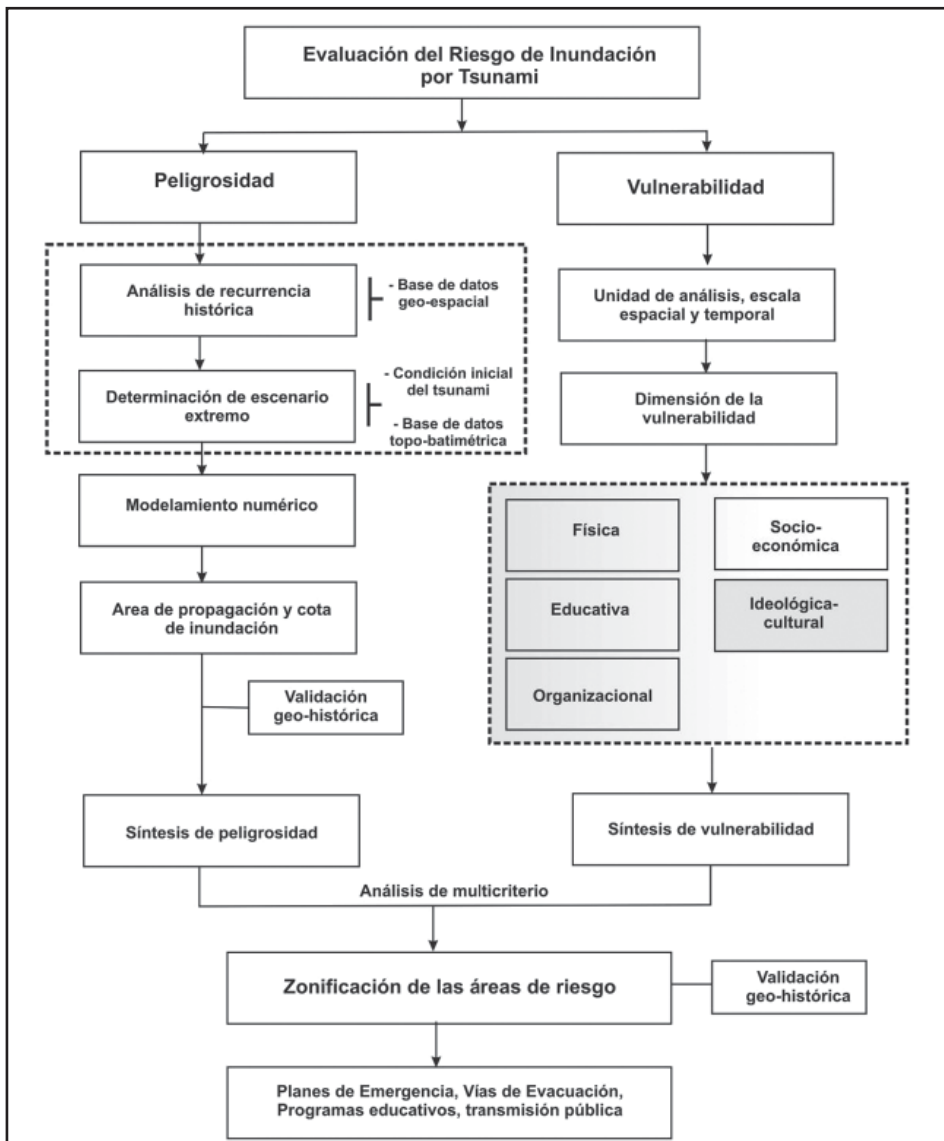


Figura 2: Esquema metodológico general.

Fuente: Elaboración propia.

2.1. Análisis de vulnerabilidad:

Los estudios específicos de vulnerabilidad requirieron la condición previa de delimitación del área de estudio o área vulnerable. Si se contaba con un estudio previo de inundación por tsunami (Plan Regulador, Carta CITSU-SHOA u otro), el área de estudio quedó delimitada en función de la cota de inundación definida por dicho estudio. De no contar con esta información, el área de estudio quedó definida por la cota de los 25m, considerada como cota segura (Monge, 1993).

Una vez definida el área de estudio, se realizó una prospección del perfil socio-cultural de la población con el propósito de seleccionar los tipos de vulnerabilidades individuales que mejor reflejen dicho perfil a través de variables representativas. Se consideró previamente que estas deberían relacionarse directamente con el nivel de reacción ante el evento, que a su vez incide sobre el grado de vulnerabilidad encontrado.

La mayoría de los estudios consideraron las siguientes dimensiones de la vulnerabilidad: física, socioeconómica, educativa, ideológica-cultural y organizacional. Especialmente las últimas dos fueron elegidas en el caso de áreas rurales con presencia de caletas de pescadores o comunidades indígenas. Para facilitar el análisis, cada localidad fue dividida en unidades de análisis (UA) ya sea definida por manzanas censales, nivel predial o por grillas predeterminadas creadas mediante herramientas SIG e insertas al área para asegurar una zonificación adecuada a la escala de trabajo. Estas dos últimas se utilizaron en los casos de áreas rurales, que

no dispusieron de datos censales.

Cada vulnerabilidad fue analizada a través de variables representativas por medio de dos fuentes principales (Cuadro N° 2): datos censales 2002 extraídos de REDATAM y encuestas con preguntas cerradas y vinculadas a las variables previamente definidas. El tamaño muestral para las encuestas se determinó según los criterios de amplitud de universo (jefes de hogares), nivel de confianza (90 o 95%) y precisión (5%), y una proporción del 90%, estimada según datos del Ministerio de Planificación para la región del Biobío (Larrañaga y Herrera, 2010 en Martínez et al., 2012).

Las variables de cada vulnerabilidad específica generaron mapas temáticos que se ponderaron en una matriz de multicriterio en función del grado de importancia asumido (Cuadro N° 3). En el caso de la vulnerabilidad ideológica-cultural (Ireland, 2012), las variables se orientaron a precisar los factores de identidad, arraigo y percepción de las amenazas. En el caso de la vulnerabilidad educativa (Peña, 2011), se definieron tres factores principales asociados al tratamiento de los riesgos naturales: El Entorno Educativo (infraestructura básica; los materiales y recursos didácticos y, la cultura preventiva del establecimiento); la Enseñanza de los Riesgos Naturales (percepción, objetivo de enseñanza y la metodología utilizada por los docentes) y el Aprendizaje de Riesgos (percepción, el grado de conocimiento formal y el nivel de reacción de los estudiantes). En el caso de la vulnerabilidad organizacional fue muy relevante el factor de cohesión social, el cual fue medido en Llico e Isla Santa María (González, 2013 y Acevedo, 2013).

Cuadro 2:
Principales variables seleccionadas según dimensión de la vulnerabilidad (V)

V. Física	V. Socioeconómica	V. Educativa	V. Ideológica-cultural	V. organizacional
Número de pisos	Nivel de ingreso	Nivel educacional	Años de residencia	Confianza social
Materialidad	Hacinamiento	Conocimiento formal sobre el fenómeno	Etnia	Cooperación comunitaria
Tipo de vivienda	Nivel de pobreza	Tipo de establecimiento	Género	Participación en organizaciones
Obsolescencia	Índice de Bienestar Social	Nº alumnos por sala	Religión	
Normas antisísmicas	Subsidios	Conocimiento de señaléticas	Nivel de arraigo	
Tipo de infraestructura vulnerable	Tipo de población vulnerable	Deserción escolar	Identidad territorial	
	Uso de suelo	Nivel de alfabetización	Percepción del riesgo	
	Densidad de población	Cultura preventiva del colegio/Liceo		
	Actividad económica			

Fuente: Elaboración propia

Para la representación espacial de cada mapa temático se utilizaron tres niveles de vulnerabilidad alto, medio y bajo. Para determinar los niveles de vulnerabilidad total (VT), se realizó el álgebra de mapas en SIG utilizando las tres cartografías de vulnerabilidades específicas según la siguiente ecuación: $VT=VF+VS+VE$, donde: VF corresponde a la vulnerabilidad física; VS a la vulnerabilidad socioeconómica y VE a la vulnerabilidad educativa,

según corresponda a la dimensión de la vulnerabilidad analizada.

El riesgo se obtuvo en función de la ecuación $R=P*V$, donde R=Riesgo, P=Peligro, A=Amenaza donde los factores fueron integrados en una matriz (Eckert et al., 2012; Jalínek et al., 2012 en Martínez et al., 2012) y de la multiplicación se obtuvieron tres niveles de riesgo: alto, medio y bajo, con puntajes desde 1 a 9 (Cuadro N°4).

Cuadro 3:
Ejemplos de ponderación de variables y nivel de vulnerabilidad (V)

Variable	V. Alta	V. Media	V. Baja
Población Expuesta	60 años o mas	30 a 59 años	1 a 29 años
Peso	3	2	1
Nivel de Ingreso*	Menos de \$72.534	Entre \$72.534 - \$145.068	Más de \$145.068
Peso	3	2	1
Escolaridad	Básica	Media	Superior
Peso	3	2	1

*Referido al ingreso mínimo y en función de la realidad socioeconómica de la localidad.

Fuente: Modificado de Rojas (2009)

Cuadro 4:
Matriz de multicriterio para el riesgo

Vulnerabilidad	Vulnerabilidad	Peligro		
	Nivel	Bajo (1)	Medio (2)	Alto (3)
	Bajo (1)	B 1 X 1 =1	B 1 X 2 =1	M1 X 3 =3
	Medio (2)	B 2 X 1 =2	M 2 X 2 =4	A 2 X 3=6
	Alto (3)	M 3 X 1 =3	A 3 X 2 =6	A 3 X 3 =9

Rango de riesgo: Bajo (1-2), Medio (3-4), Alto (6-9).

Fuente: Martínez et al., (2012)

3 .Resultados

3.1 Recurrencia histórica y los escenarios extremos

El Cuadro N° 5 presenta los eventos históricos que han afectado a la región desde 1562. Los escenarios extremos son diferenciales según la localidad:

el tsunami del 27/F de 2010 para las localidades de Pelluhue, Vegas de Coliumo, Dichato, Boca Sur, Perales, Tomé, Isla Santa María, Llico y Quidico; el tsunami de 1960 para Arauco y el tsunami de 1835 para las localidades de Tubul, Santa Clara y El Morro y Lebu (Fig. N° 3, 4 y 5).

Cuadro 5:
Tsunamis históricos en la Región del Biobío

Fecha	Localización	Magnitud	Run up (m)	Efectos
1562 (28 oct)	38°S- 73°W	8,0	16	El tsunami afectó la costa a lo largo de 1.200 km.
1570 (08 feb)	36,5°S - 74°W	8,5	4	2000 muertos debido al tsunami.
1575 (16 dic)	38,5°S- 74,5°W	8,5	4	Ciudades más afectadas fueron Valdivia, Osorno y Villarrica.
1657 (15 mar)	37°S - 72,8°W	8,0	4	Hubo unos 40 muertos y reiterados trenes de olas
1730 (08 jul)	32,5°S - 71,5°W	8,7	16	A pesar que el terremoto no se registró frente a las costas de la región, el tsunami generado es uno de los más devastadores de la historia en la región.
1751 (25 may)	36,5°S - 74°W	8,5	3,5	Tsunami destructivo, arrasó la costa de la región y alcanzó el archipiélago Juan Fernández. La ciudad de Concepción, localizada en Penco, tuvo que ser refundada en su actual sitio.
1835 (20 feb)	36,8°S - 73°W	8,0	15	La costa de la región fue asolada por el terremoto y tsunami posterior. En Concepción se registraron 60 muertos y 500 heridos.
1960 (20 may)	38,5°S- 74,5°W	9,5	15	2000 muertos, terremoto y tsunami devastador en la costa de Chile y Hawaii, Oceanía y Japón. Considerado el evento más catastrófico de la historia humana. El tsunami fue registrado en toda la cuenca del Pacífico.
2010 (27 feb)	36,2°S - 72,9°W	8,8	10	524 muertos. Efectos se registraron a lo largo de 500 km de costa y alcanzó el archipiélago Juan Fernández

Fuente: Elaboración propia a partir de Quezada, J. www.shoa.cl y crónicas históricas.

En el caso del tsunami del 27/F de 2010, fue posible obtener registros de altura de ola, la superficie afectada por el evento extremo y la superficie afectada por nivel de vulnerabilidad

(Cuadro N°6). Se destaca que la mayoría de las localidades afectadas por este evento presentan una superficie superior al 70% en los niveles altos y medios de vulnerabilidad.

Cuadro 6:
Evento extremo, altura de ola y superficie afectada según nivel de vulnerabilidad (V)
por el tsunami del 27/F de 2010.

Localidad	Evento extremo	Altura de ola (m)	Superficie afectada por evento extremo		Superficie afectada (%) tsunami 2010		
			Km ²	% del total	V. Alta	V. Media	V. Baja
Pelluhue	2010	3	1,93	5,01	13,0	76,7	9,8
Perales	2010		1,65	0,12	18,0	80,0	2,0
Vegas de Coliumo	2010	5	0,22	73,7	15,9	58,8	25,3
Dichato	2010	7	1,17	94,0	97,0	1,8	1,2
Tomé	2010		0,45	28,0	58,0	32,0	10,0
Boca Sur (San Pedro de la Paz)	s/i	s/i	2,5	100	2,0	98,0	0,0
Santa Clara y El Morro (Talcahuano)	2010	5	0,8	86,0	6,2	93,8	0,0
Arauco	1960	-	1,28	27,8	0,3	67,0	32,7
Isla Santa María	2010	6	0,13	45,8	43,7	56,1	0,2
Tubul	1835	10	0,40	100	22,0	78,0	0,0
Llico	2010	8	0,30	46,0	12,0	52,0	36,0
Lebu	1835	10	0,33	71,0	43,0	40,0	17,0
Quidico	2010	5	0,61	49,0	17,5	82,5	0,0

Fuente: Elaboración propia

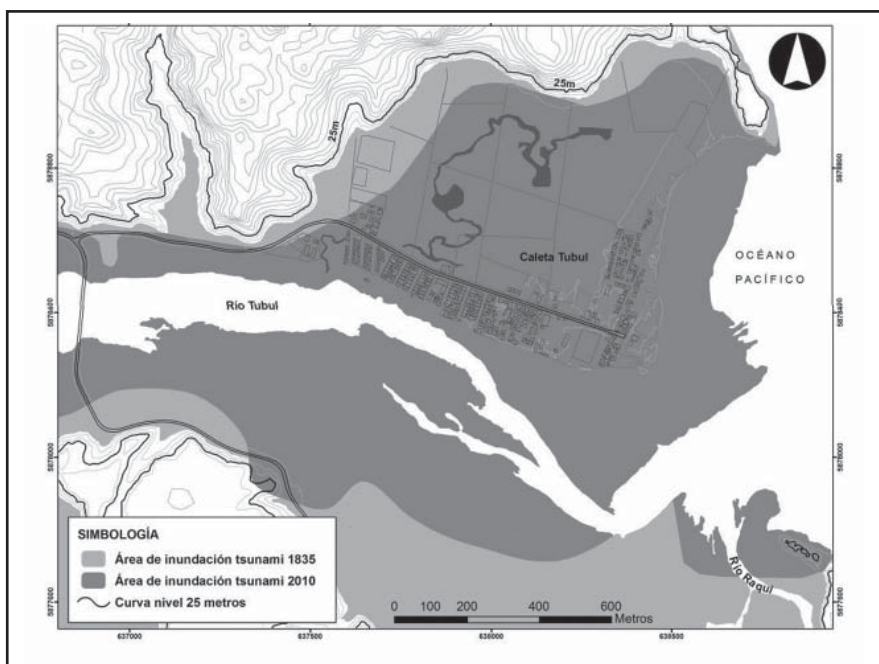


Figura 3: Área de inundación por tsunami para eventos extremos, localidad de Tubul.
Fuente: Elaboración propia.

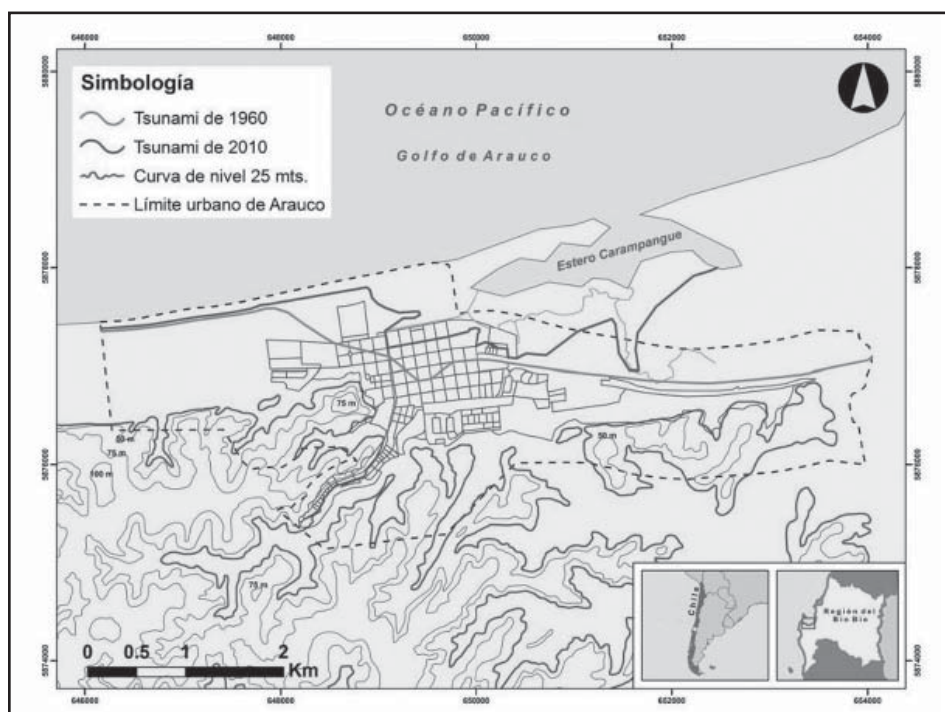


Figura 4: Área de inundación por tsunami para eventos extremos, localidad de Arauco
Fuente: modificado de Flores (2011)

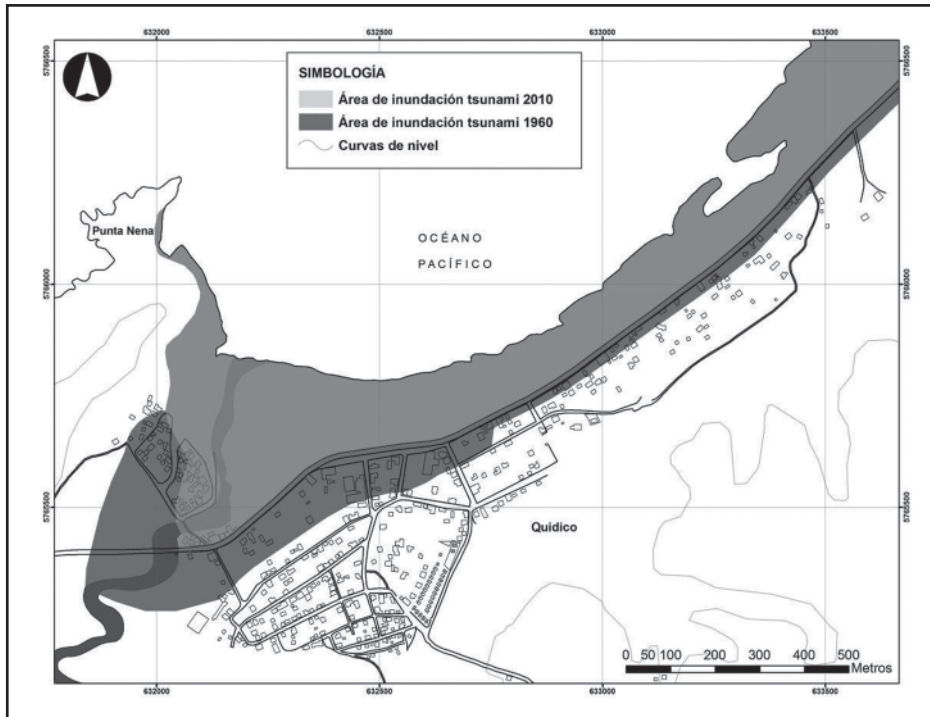


Figura 5: Área de inundación por tsunami para eventos extremos, localidad de Quidico

Fuente: Modificado de Veloso (2013)

3.3. Los factores de la vulnerabilidad total

En Quidico, según los antecedentes de los tres últimos eventos históricos (1835, 1960 y 2010), el de 2010 fue el más devastador ya que generó pérdidas materiales en el 15,4% del área de estudio, inundando 491.922m² correspondientes al 52,9% del área total, con alturas de ola de hasta 4m. Sin embargo en términos de área inundada, el tsunami de 1960 fue más importante ya que inundó 0,61 Km² con una altura de ola de hasta 5m (Veloso, 2013).

En Lebu, el evento extremo correspondió a 1835 el cual fue obtenido de la carta de inundación CITSU-SHOA (2002). Este afectó al 95% de la infraestructura expuesta en la época, inundando la planicie litoral baja y la llanura de inundación del río Lebu por

el cual el tsunami se encauzó. Aquí el tsunami alcanzó la cota de 10 a 15m (Rodríguez, 2010).

En Boca Sur y bajo el supuesto de un tsunami asociado a un terremoto Mw=9,0 (escenario modelado), el riesgo medio incluyó el 61% del área total debido a los altos niveles de las vulnerabilidades específicas (alta densidad poblacional, precariedad de las viviendas, bajos niveles de ingresos, bajos índices de bienestar social y escasa organización social). Aquí la cota de inundación fue de 8m abarcando más del 60% del área, en usos de suelo residencial y de alta densidad (Villarroel, 2012).

De acuerdo al estudio de vulnerabilidad realizado por Altamirano (2011) en Tubul, la vulnerabilidad física presentó sólo niveles altos (42% de la población)

y medios (58% de la población), sobre un área de inundación que abarca la totalidad del asentamiento. Aquí todos estos casos, todas las viviendas se localizaron bajo la cota de los 10 m.s.n.m. La vulnerabilidad socioeconómica de la población de Tubul se determinó como alta para el 33% de la población, donde primaron los bajos niveles de ingreso y altos niveles de pobreza asociada. La vulnerabilidad media afectó al 64% de la población. La vulnerabilidad educativa media, se presentó en el 79% de la población, con un nivel de escolaridad hasta enseñanza básica, mientras que la vulnerabilidad alta se estableció para el 21% de la

población. Actualmente Tubul es una de las áreas rurales más intervenidas por el proceso de Reconstrucción, en este ambiente estuarial y caracterizado por el desarrollo de humedales, se están relocalizando asentamientos con lo cual se ha ido densificando la población local. Por otro lado, se construye un muelle de pescadores en una zona de lagoon costero y con probada tendencia erosiva (Martínez, 2013). El área se encuentra en un rápido proceso de transformación donde las antiguas funciones rurales se les sobreponen otras de carácter urbano, que nunca han tenido (Fig. N°6).

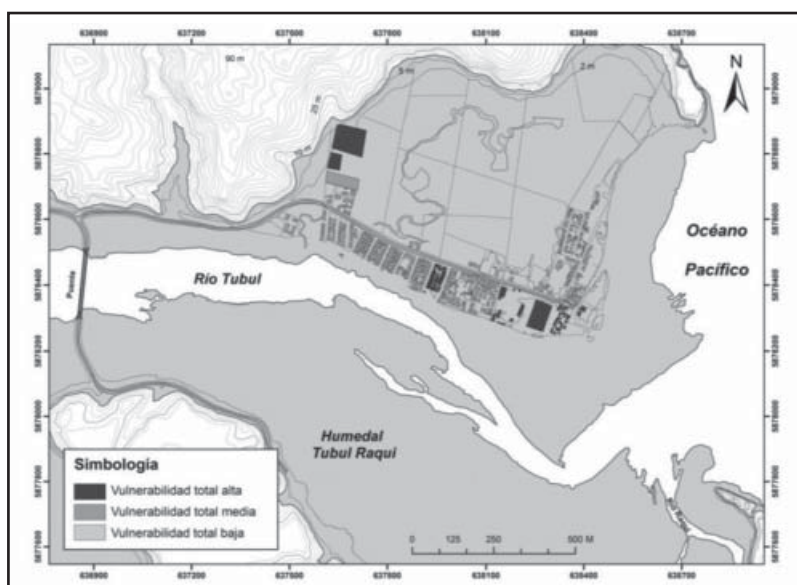


Figura 6: Nivel de vulnerabilidad total, localidad de Tubul.

Fuente: Altamirano (2012); Martínez et al., (2012)

Para Tomé, se determinó que el 58% del área registró vulnerabilidad total alta, involucrando 1602 habitantes; el 32% obtuvo vulnerabilidad media, implicando 646 habitantes. Las principales variables que explicaron la vulnerabilidad alta correspondieron a una mayor precariedad de las viviendas, mayor cercanía a cursos locales (Collén y Bellavista) y desconocimiento de las vías de evacuación (Farfán, 2012).

En Dichato, se determinó que previo al tsunami del 27 de febrero del 2010, el 97% de la superficie total registró una vulnerabilidad total alta. Lo anterior involucró al 87% de la población (2948 habitantes) y al 89% de las viviendas. El análisis post-terremoto realizado por Venegas en 2012, estableció que a dos años de ocurrido el tsunami, el 42 % de la población aún desconocía la causa principal que generó el tsunami de

2010, presentando por lo tanto una alta vulnerabilidad educativa.

La localidad de Dichato, antes del tsunami del 27/F era reconocida por actividades socioeconómicas ligadas a la pesca artesanal y al turismo, consolidando un núcleo urbano diferenciado de las localidades costeras aledañas, como Perales y Coliumo. Según el Censo de 2002 (INE, 2002) la población llegaba a 4.384 habitantes, donde el área urbana concentraba 3.488 habitantes. Venegas (2012) comparó los escenarios pre y post evento a nivel de manzana censal y estableció que en el caso de la vulnerabilidad física para condiciones pre-evento, el 51% de las manzanas censales registró alta vulnerabilidad en función del tipo de vivienda, su materialidad y precariedad, involucrando al 47% de la superficie del área bajo inundación (cota segura 25 msnm) y al 57% de la población total. Lo anterior contribuyó de manera relevante al nivel de destrucción provocada por el evento de 2010.

En Arauco, el 79,6% de las manzanas registraron una vulnerabilidad total media, afectando al 82,9% de la población y al 20% de la superficie total. Variables asociadas a la vulnerabilidad educativa conjugada con factores socioeconómicos ligados a mayores índices de pobreza y bienestar social fueron relevantes (Flores, 2011).

En Perales, el 18% del área de estudio registró una vulnerabilidad total alta, involucrando a 103 habitantes, mientras que el 80% obtuvo una vulnerabilidad media, implicando 233 habitantes, explicadas por variables tales como calidad de las viviendas, el nivel de ingreso, el tipo de población vulnerable y el nivel de escolaridad (Aravena, 2012).

En la Isla Santa María, el estudio realizado por Acevedo (2013) estableció que la condición socioeconómica media representó adecuadamente la situación actual de la población de la isla, es decir ingresos familiares bajos, actividades económicas ligadas principalmente al sector primario y algunos niveles de hacinamiento medianamente considerables, destacaron como factores negativos, mientras que el acceso a los servicios básicos, situación que ha sufrido mejoras considerables en los últimos años, hizo disminuir la vulnerabilidad hacia el nivel medio. Es decir, aunque existen condiciones de precariedad en términos económicos, el estilo de vida de las familias y el acceso a servicios de la comunidad fueron elementos que disminuyeron la vulnerabilidad. Se destaca que el territorio de la Isla Santa María luego del terremoto y tsunami del año 2010, fue considerado por primera vez dentro de los instrumentos de planificación territorial de la comuna de Coronel, sin embargo la zonificación propuesta no consideró ningún espacio de restricción de los asentamientos humanos respecto amenazas como los tsunamis.

En Pelluhue (Región del Maule), el estudio realizado por San Martín (2013) determinó durante la época estival, un aumento del número de viviendas, una mayor densidad de población y un alto desconocimiento en relación con las causas del fenómeno y de las vías de evacuación de los turistas, las cuales fueron variables claves en la determinación de la vulnerabilidad total durante el verano. Así, durante el verano el 42,9% de la población presentó niveles insuficientes de conocimientos respecto a las causas que originan un tsunami, un 37,2% de la población presentó un conocimiento considerado suficiente y un 19,85 presentó conocimientos altos.

En contraste, entre los habitantes de Pelluhue, el 19,4% de los habitantes presentó conocimientos insuficientes sobre las causas que originan un tsunami, el 49% de los habitantes presentó conocimientos suficientes y el 31,6% de los habitantes presentó conocimientos altos. Esto prueba el comportamiento cambiante de la vulnerabilidad en función de la movilidad de la población.

Un estudio específico de vulnerabilidad educativa especialmente interesante fue realizado por Peña (2011) en distintos establecimientos de las localidades de Arauco, Carampangue y Llico. Se determinó que para el factor Entorno Educativo, el nivel de Vulnerabilidad fue medio debido a que si bien la realidad de los distintos establecimientos del área de estudio parecía dispar, no existió una relación directa respecto de dicha situación y el nivel de preparación de los establecimientos educativos frente al riesgo. El factor

Enseñanza de los Riesgos Naturales se presentó en un nivel medio dado la heterogeneidad de sus componentes. El aprendizaje de los Riesgos Naturales se estableció como medio, no obstante se apreciaron profundas diferencias entre las distintas unidades de análisis, dado que la construcción del riesgo se hace diferenciada de acuerdo a la realidad de los distintos establecimientos. El 80% de los establecimientos educativos, presentaron una vulnerabilidad educativa Media, mientras que un 20% de los establecimientos educativos presenta una vulnerabilidad educativa Alta.

Fue importante determinar que el 40% de los docentes encuestados obtuvo un bajo nivel de percepción del riesgo, es decir, presentaron un inadecuado nivel de percepción acerca de los riesgos y por lo tanto una vulnerabilidad educativa alta. Por otro lado, el 60% de los docentes se ubicó en un nivel de percepción medio (Cuadro N° 7 y Fig. N°7-8).

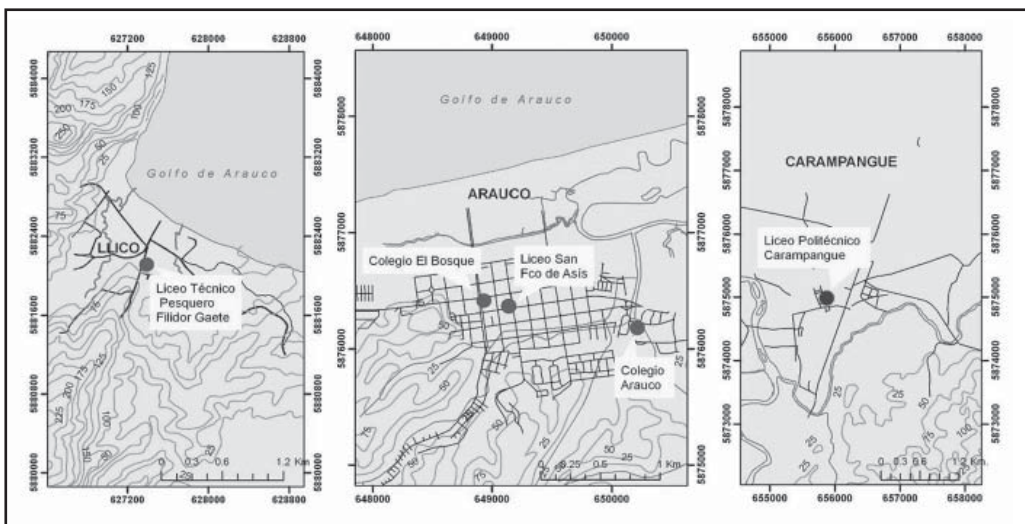


Figura 7: Localización de establecimientos educativos Carampangue, Arauco y Llico.

Fuente: Peña (2011)

Cuadro 7:
La percepción de los Riesgos

Vulnerabilidad	N° de docentes	%	Unidad de Análisis
Alta	(A) - (C) - (D) - (D)	40	Colegio Arauco (A) Liceo San Francisco de Asís, Arauco (C) Liceo Politécnico de Carampangue (D)
Media	(A) - (B) - (B) - (C) - (E) - (E)	60	Colegio El Bosque, Arauco (B) Liceo Técnico Pesquero Filidor Gaete, Llico (E)
Baja		0	
Total	10	100	

Fuente: modificado de Peña (2011)

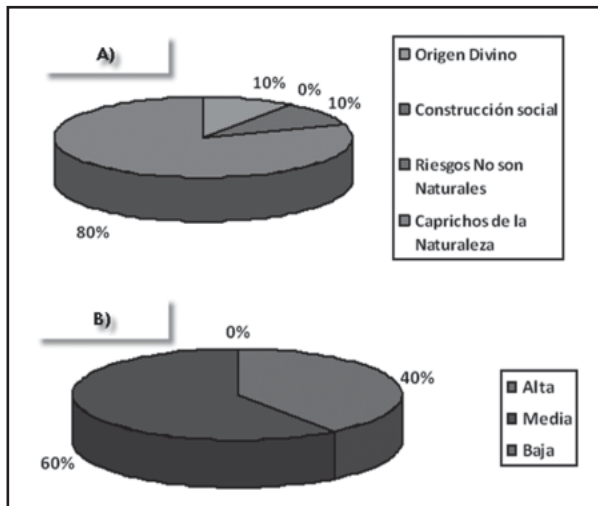


Figura 8: Nivel de percepción suficiente asociado a la apreciación de los riesgos.

Fuente: Peña (2011)

4. *Discusión y Conclusiones*

Al igual que en la geografía española donde la línea de riesgos naturales ha tenido un desarrollo no sistemático pero importante, a juicio de Espejo y Calvo (2013) de interés creciente, en Chile esta línea de trabajo es episódica e interrumpida, con interés particular en casos emblemáticos que han generado impacto mediático. Sin embargo, se reconoce un rol importante en los estudios a nivel nacional y una realidad muy similar

a la descrita por Calvo (2000) quien en su revisión de los estudios de riesgo en España, concluye dada la producción nacional, que es posible hablar de una Geografía de los Riesgos, sin embargo caracterizada por un predominio de unos casos concretos, el minucioso análisis de los mecanismos naturales y el descuido de aspectos del entorno social o de la vulnerabilidad. La construcción social del riesgo (Aneas, 2000, Beck, 2000, Perles, 2010, Rojas y Martínez, 2012), históricamente fragmentada y

dispersa en torno a los más variados enfoques y disciplinas no ha sido posible de visualizar desde la Geografía como aspecto central del riesgo sino solo en años recientes, como resultado del creciente número de investigaciones en torno a una nueva manera de abordar la disfuncionalidad sociedad-naturaleza bajo el enfoque del Riesgo de Desastres: la adaptabilidad y la resiliencia.

De este modo, si se reconoce que el cambio climático en su concepción actual, influye sobre la variabilidad climática (Campos et al., 2013), es de suma importancia investigar sobre escenarios de cambio a escala local y proponer alternativas de adaptación con el propósito de evitar consecuencias negativas, sobretudo en ambientes costeros y en sociedades donde los procesos productivos y el desarrollo económico dependen fundamentalmente de los recursos naturales. El primer paso es por lo tanto, demostrar que existen cambios en los procesos naturales a escalas de tiempo pre-definidas, que comprometen el uso del territorio en sus distintas dimensiones y en su proyección en el tiempo. En este aspecto existe mucho por investigar dada la escasa sistematización del conocimiento sobre procesos físico-naturales de la costa chilena y aún menos en su vulnerabilidad.

En este sentido, el terremoto y tsunami del 27/F de 2010 ha permitido conocer los procesos de reajuste y tiempos de readaptación en los ecosistemas costeros con casos de estudio específicos en la Región del Biobío (Jaramillo et al., 2012; Hernández et al., 2013) donde se destaca la alta resiliencia biológica de estos ambientes a tres años de ocurrido el evento. Cambios morfológicos en la costa en relación con ciclos sísmicos recién empiezan a desarrollarse y visualizarse como una herramienta poderosa en la planificación para la resiliencia de la costa ya que puede ser posible relacionar la recurrencia histórica de grandes eventos

tsunamigénicos, con cambios morfológicos en ella y así proyectar la infraestructura y la localización de asentamientos costeros (Martínez et al., 2013). Por otro lado, la resiliencia social muy poco investigada en el país, ha sido analizada por Capellà (2013) a raíz del terremoto del 27/F desde el punto de vista de la importancia del lugar y su relación con la identidad territorial o sentido de pertenencia, aspecto clave en la resiliencia.

Aunque el sentido de la vulnerabilidad al igual que la resiliencia no tiene un sentido único, si se le reconoce como la propensión de un sistema a verse afectado negativamente por su interacción con un proceso (Brenes, 2007). De acuerdo con Blakie et al., (1996), la vulnerabilidad global representa la capacidad potencial de un grupo de personas para anticipar sobrevivir, resistir y recuperarse del impacto de un desastre o catástrofe. En el enfoque de cambio climático, el IPCC (2007 en Conde et al., 2007) precisa que la vulnerabilidad es función del tipo, magnitud y tasa de cambio climático y de las variaciones a las cuales está expuesto el sistema, a su sensibilidad y a su capacidad adaptativa. Frente a esto, una larga lista de desastres en el mundo dan cuenta de la importancia de estos factores (Paton & Johnston, 2006; Cutter et al., 2008). Por otro lado, estas tienen mayor impacto debido al carácter múltiple de ciertas amenazas (Perles y Cantarero, 2010), así no solo es el terremoto sino también el tsunami, la licuefacción, las remociones en masa, los anegamientos y los incendios en la ciudad ya destruida por el terremoto. Llevado a la toma de decisiones, el problema final radica en cómo se incorporan estos elementos a unos instrumentos de planificación de lenta renovación (en algunas localidades inexistentes aún), con expansiones urbanas y urbanizaciones más rápidas incapaces de absorber los cambios y que redundan en una planificación urbana

rígida e incapaz de incorporar y trabajar con escenarios de cambio. Según Arenas et al., (2010), la mayor parte de los espacios urbanos chilenos presenta situaciones de riesgo debido a la ocupación irregular y desprovista de planificación territorial y a la presión ejercida desde el sector inmobiliario para la construcción en tales lugares.

En este contexto, ¿qué se ha podido conocer sobre la vulnerabilidad de la costa a tres años del 27/F?. Los primeros trabajos dieron cuenta de grandes diferencias en función del tipo de asentamiento urbano o rural. Sin estudios previos en este tipo de investigaciones a escala regional o nacional, estos tuvieron carácter prospectivo y con ello se pudo posteriormente elegir variables idóneas al perfil de población expuesto. En las áreas rurales la vulnerabilidad estuvo definida por los bajos ingresos, la alta deserción escolar, niveles educacionales básicos y en especial, fuerte arraigo e identidad cultural. Aquí el conocimiento sobre los tsunamis fue diferenciado, generó una alta vulnerabilidad cuando el conocimiento se vinculó a prácticas religiosas (Perales e Isla Santa María) pero una baja vulnerabilidad cuando el conocimiento (no formal) era heredado de generaciones precedentes que habían vivido el tsunami de 1960. Esto fue muy marcado en Coliumo y en Quidico donde los pescadores en el caso de las caletas de la bahía de Coliumo ya estaban organizados para enfrentar estas amenazas y el riesgo es asumido como algo menos relevante que la propia pesca les representa día a día (Ireland, 2012).

Se encontraron diferencias marcadas en poblados vecinos tales como Coliumo, Dichato y Perales. En Dichato, la única localidad urbana y de fuerte vocación turística, el tipo de vivienda y su materialidad fue relevante al igual que los bajos ingresos, lo cual generó alta vulnerabilidad en la mayor parte del área, aquí el estrés post-

traumático se pudo verificar a dos años del terremoto en las principales aldeas (Venegas, 2012). En Perales, el tipo de población vulnerable, la alta deserción escolar, los bajos ingresos y la precariedad de las viviendas generó alta vulnerabilidad global, especialmente porque predominó población de tercera edad, vinculada a prácticas religiosas que asocia a los tsunamis con un origen divino (Aravena, 2012). Esta última situación se presentó en la mayoría de las localidades rurales (Llico, Isla Santa María, Tubul), donde existe una concepción divina de la amenaza o en su defecto, una idea fatalista de estos fenómenos donde el ser humano no está posibilitado de cambiar los hechos y por lo tanto no cumple un rol activo en el riesgo (Peña, 2011; González, 2013).

En las áreas urbanas como Tomé y Arauco fueron relevantes el tipo de vivienda, el nivel de ingresos y el bajo conocimiento de las vías de evacuación. Este último aspecto parece ser generalizado en las comunas urbanas, donde faltan Planes de Evacuación con vinculación a programas de educación a la comunidad. En estas áreas, a pesar de contar con información a nivel de manzana censal, ha resultado más difícil explicar las causas de la vulnerabilidad debido a las redes que estas suelen formar entre las distintas dimensiones de la vulnerabilidad. En Arauco, la mayoría de las variables obtenidas de bases de datos censales, presentaron un comportamiento homogéneo, sin embargo al profundizar en los aspectos históricos del asentamiento, la vulnerabilidad socioeconómica se explicó por un proceso de transformación entre la actividad pesquera y la forestal (Flores, 2011), este último un factor gravitante en los procesos de urbanización en la región.

Estos aspectos abren nuevas perspectivas en el trabajo interdisciplinario por ser la vulnerabilidad un concepto multidimensional

que confluye con múltiples causas en un tipo de reacción ante los fenómenos naturales que es prioritario cambiar en nuestras sociedades costeras cada vez más expuestas. La Geografía en este sentido tiene mucho que aportar y en especial, en los enfoques adscritos a la geografía humana tales como la geografía humanística y la nueva geografía cultural. Esta última, centrada en la experiencia, la vida diaria y la aprehensión del paisaje (Simpson-Housley y Larraín, 1985; Esteban-Guitart, 2012), puede dar luces sobre el rol de la cohesión social, los problemas de género, la cosmovisión en minorías indígenas, los procesos de topofilia o topofobia encontradas en algunas localidades (Coliumo, Boca Sur) y su reacción a la amenaza, aspectos centrales en la valoración del riesgo y la resiliencia.

Dado que la adaptación es el proceso a través del cual un organismo o un sistema se acomoda a su medio ambiente y a sus cambios (Brenes, 2007), se requiere resolver en el ámbito del Riesgo de Desastres, cuáles son los elementos que los grupos humanos o la sociedad poseen para adaptarse a nuevos escenarios de riesgo y que le permitan actuar en función de su resiliencia, especialmente considerando que los cambios provienen de teleconexiones a escala planetaria pero con una fuerte incidencia local. En este contexto, las técnicas de *backcasting* tal como se aplica en la gestión ambiental o de *scenario planning* (Aguilera et al., 2011) podrían constituir vías potenciales para vincular el conocimiento teórico de los riesgos con la toma de decisiones en lo local, o la gestión ambiental adaptativa para objetivos de largo plazo. En una región animada por un proceso de Reconstrucción físico y no social, donde los ambientes costeros no son diferenciados al momento de asignar los usos, profundizar en estos aspectos abre grandes perspectivas al desarrollo teórico y aplicado de la Geografía.

Bibliografía.

- ACEVEDO, R. (2013). Análisis de vulnerabilidad por tsunami, Isla Santa María, Región del Bio-Bío, Chile. Tesis para optar al título de Geógrafo. Universidad de Concepción, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía, Depto. de Geografía. 156 pp.
- AGUILERA, F.; VALENZUELA, L.; SORIA, J.; GÓMEZ, M. y PLATA, W. (2011). Escenarios y modelos de simulación como instrumento en la Planificación Territorial y Metropolitana. Serie Geográfica, N° 17: 11-28.
- ALTAMIRANO, A. (2012). Análisis de vulnerabilidad por tsunami en la localidad de Tubul, Región del Bio-Bío, Chile. Tesis para optar al Título de Geógrafo. Universidad de Concepción (Inédito).
- ARAVENA, A. (2012). Análisis de vulnerabilidad por tsunami en la localidad de Perales, comuna de Coelemu, Región del Bio-Bío, Chile. Tesis para optar al título de Geógrafo. Universidad de Concepción, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía, Depto. de Geografía. 154 pp.
- ANEAS DE CASTRO, S. (2000). Riesgos y peligros: una visión desde la Geografía. Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales, N° 60.
- ARENAS, F. (2008). El ordenamiento del territorio en el marco de la planificación regional. Revista de Geografía Norte Grande, N° 41: 23-48.
- BECK, U. (2000). Retorno a la teoría de la

- “Sociedad del Riesgo”. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles (BAGE), N° 30: 9-20.
- BELMONTE, A. (2013). Identificación y análisis de riesgos naturales en la costa de la región del Biobío. Informe “Análisis de Riesgos de Desastres y Zonificaciones Costeras Región del Bío-Bío”. Proyecto FNRD 30098326, Gobierno Regional del Biobío (inédito).
- BEYER, J. y ARANGUIZ, R. (2010). Estudios de Riesgos de Sismo y Maremoto para las comunas costeras de la región del Bio-Bío. Centro de Investigación Marítimo Portuario, U Católica de la Santísima Concepción (UCSC).
- BLAIKIE, P.; CANNON, T.; DAVIS, I. y WISNER, B. (1996). Vulnerabilidad. El entorno social, político y económico de los desastres. Bogotá: Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina (LA RED). Disponible en Internet: <http://www.desenredando.org/public/libros/1996/vesped/>
- BRENES, A. (2007). Elementos conceptuales y desarrollo histórico de la noción de gestión del riesgo y los desastres. Revista Reflexiones, N° 86: 75-86.
- BRAÑAS, F. (2012). Propuesta de zonificación para área vulnerable por amenaza de tsunami aplicable al proceso de reconstrucción, sector Caleta el Morro, Santa Clara, Talcahuano. Tesis para optar al título de geógrafo, Universidad de Concepción, 157 pág.
- CAPELLÀ, H. (2013). Attachment as the Culture of Place: Social resilience from Risk in Concepción (Chile). In: Coastal Geomorphology and Vulnerability of Disaster towards Disaster Risk Reduction. Haruyama, S. (Ed.), TERRAPUB, Tokyo. 35-60p.
- CALVO, F. (2000). Panorama de los estudios sobre riesgos naturales en la Geografía Española. Boletín de la A.G.E. N° 30:21-35.
- CAMPOS, M.; HERRADOR, D.; MANUEL, C. y McCALL, M. (2013). Estrategias de adaptación al cambio climático en dos comunidades rurales de México y El Salvador. Boletín de la A.G.E. N° 61: 329-349.
- CARDONA, O (1993). Evaluación de la amenaza, la vulnerabilidad y el riesgo: “Elementos para el Ordenamiento y la Planeación del Desarrollo”. La Red. Disponible en internet: <http://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/html/cap3.htm>
- CONDE, C. y SALDAÑA, S. (2007). Cambio climático en América Latina y El Caribe: impactos, vulnerabilidad y adaptación. Revista Ambiente y Desarrollo N° 23 (2): 23- 30.
- CUTTER, S.; BARNES, L.; BERRY, M.; BURTON, C.; EVANS, E.; TATE, E. and WEBB, J. A (2008). place-based model for a understanding community resilience. Global Environmental Change, N° 18, p. 598-606.
- DAY, J. W., J. BARRAS, E. CLAIRAIN, J. JOHNSTON, D. JUSTIC, P. KEMP, J. Y. KO, R. R. LANE, W. J. MITSCH, G. STEYER, P. H. TEMPLET and YANEZ-ARANCIBIA, A. (2005). Implications of global climatic change and energy cost and availability for the restoration of the Mississippi Delta Ecological Engineering N° 24 (4): 253-265.

- DEVYNCK, J. (1970). Contribución al estudio de la circulación atmosférica en Chile y el clima de la región del BioBío. Memoria de Título para optar al título Meteorólogo. Universidad de Concepción, Chile (Inédito).
- ESPEJO MARÍN, C. y CALVO GARCÍA-TORNEL, F. (2003). Bibliografía sobre riesgos con origen en procesos naturales publicada en España (1975-2002). Biblio 3W, Revista Bibliográfica de Geografía y Ciencias Sociales, Universidad de Barcelona, Vol. VIII, Nº 455. En: www.ub.es/geocrit/b3w-455.htm
- ESTEBAN-GUITART, M. (2012). La psicogeografía cultural del desarrollo humano. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, Nº 59: 105-128.
- FARIAS, M; VARGAS, G.; TASSARA, A.; CARRETIER, S.; BAIZE, S.; MELNICK, D. and BATAILLE, K. (2010). Land-level changes produced by the 2010 Mw 8.8 Chile earthquake. *Science*, vol. 329, p. 916.
- FARFÁN, F. (2012). Análisis de vulnerabilidad por tsunami en la comuna de Tomé, Región del Biobío. Tesis para optar al título de Geógrafo. Universidad de Concepción, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía, Depto. de Geografía. 136 pp.
- FATORI, S. y CHELLERI, L. (2012). Vulnerability to the effects of climate change and adaptation: The case of the Spanish Ebro Delta. *Ocean & Coastal Management*, 60: 1-10.
- FLORES, P. 2011. Análisis de Vulnerabilidad por tsunami en la localidad de Arauco, Región del Bio-Bío. Tesis para optar al título de Geógrafo. Universidad de Concepción, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía, Depto. de Geografía. 157 pp.
- GONZÁLEZ, A. (2013). Análisis de vulnerabilidad por tsunami en la localidad de Llico, Región del Bio-Bío, Chile. Tesis para optar al título de Geógrafo. Universidad de Concepción, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía, Depto. de Geografía. 175 pp.
- GUTIÉRREZ, D. y MARTÍNEZ, C. (1997). Simulación Numérica de los tsunamis de 1868 y 1877 en puertos del Norte de Chile. *Memorias del XIII Congreso de la Sociedad Chilena de Ingeniería Hidráulica*, Santiago. p.165-178.
- HERNÁNDEZ, E.; CISTERNA, J.; DÍAZ, E.; VEAS, R. and QUIÑONES, R. (2013). Epibenthic macrofaunal community response after a mega-earthquake and tsunami in a shallow bay off central-south Chile. *Mar Biol*, DOI 10.1007/s00227-013-2370-x
- IRELAND, M. (2012). Análisis de vulnerabilidad por tsunami en la localidad de Coliumo, Región del Biobío. Tesis para optar al título de Geógrafo. Universidad de Concepción, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía, Depto. de Geografía. 273 pp.
- JARAMILLO, E.; MANZANO, M.; MORALES, G. y VELAZQUEZ, C. (2012). Interacción entre defensas costeras artificiales en playas arenosas y perturbaciones naturales de gran escala: el terremoto del 27/F de 2010 en la costa del centro-sur de Chile. *Revista Geográfica Norte Grande*, Nº 53: 75-84.

- JARAMILLO, E.; DUGAN, J.; HUBBARD, D.; MELNICK, D.; MANZANO, M.; DUARTE, C.; CAMPOS, C. and SANCHEZ, R. (2012a). Ecological Implications of Extreme Events: Footprints of the 2010 Earthquake along the Chilean Coast. PLoS ONE, vol. 7 N°5, p. 35348.
- LAGOS, M. (2000). Tsunamis de origen cercano a las costas de Chile. Revista de Geografía Norte Grande, N° 27: 93-102.
- LORCA, E. y RECABARREN, M. (1994). Terremotos y Tsunamis o Maremotos. Comisión Oceanográfica Intergubernamental, Centro Internacional de Informaciones.
- MARTÍNEZ, C. (2013). Factores de cambio, evolución costera e implicancias en el Manejo Costero en localidades del centro-sur de Chile. XV Congreso COLACMAR, Punta del Este, Uruguay, 27 al 31 de Noviembre de 2013. Cd-2606.
- MARTÍNEZ, C.; ROJAS, O.; JAQUE, E.; QUEZADA, J.; VÁSQUEZ, D. y BELMONTE, A. (2011). Efectos territoriales del tsunami del 27 de Febrero de 2010 en la costa de la Región del Biobío. Revista Geográfica de América Central, Número Especial EGAL, Costa Rica, 1-16 pp.
- MARTÍNEZ, C.; ROJAS, O.; ARÁNGUIZ, R.; BELMONTE, A.; QUEZADA, J.; ALTAMIRANO, A. y FLORES, P. (2012). "Riesgo de tsunami en Caleta Tubul, Región del Bio-Bío: escenarios extremos y transformaciones territoriales post-terremoto". Revista de Geografía Norte Grande, N° 53: 85-106.
- MONGE, J. (1993). Estudios de riesgo de tsunami en costas chilenas. Jornadas Chilenas de Sismología e Ingeniería Antisísmica, N°2, p. 3-22.
- PALACIOS, A. (2012). Sismicidad histórica de la ciudad de Concepción desde su fundación en 1550 hasta su traslado en 1751. Servicio Nacional de Geología y Minería, Boletín N° 64, 2012.
- PATON, D. and JOHNSTON, D. (2006). Disaster Resilience, An Integrated Approach. Illinois: Charles C. Thomas Publisher Ltda.
- PEÑA, M. (2011). Evaluación de la vulnerabilidad educativa asociada a sismos tsunamigénicos en establecimientos educacionales de las localidades de Arauco, Llico y Carampangue, Región del Bio-Bío. Tesis para optar al título de Licenciado en Educación. Facultad de Educación, Universidad de Concepción. 211 pp.
- PERLES ROSELLÓ, M. y CANTARERO PRADOS, F. (2010). Problemas y retos en el análisis de los riesgos múltiples del territorio: propuestas metodológicas para la elaboración de cartografías multi-peligros. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles (BAGE) N° 52: 245-271.
- POSADA B. y HENAO, W. (2008). Diagnóstico de la erosión en la zona costera del Caribe colombiano. INVEMAR. Serie Publicaciones Especiales No. 13, Santa Marta, 124 pp.
- QUEZADA, J.; JAQUE, E.; BELMONTE, A.; FERNÁNDEZ, A.; VÁSQUEZ, D. y MARTÍNEZ, C. (2010). Movimientos cosísmicos verticales y cambios geomorfológicos generados durante el terremoto Mw=8,8 del 27 de

- Febrero de 2010 en el centro-sur de Chile. *Revista Geográfica del Sur*, vol. 1 N° 2: 11-45.
- RODRÍGUEZ, L. (2010). Análisis de Vulnerabilidad por tsunami en la ciudad de Lebu, Región del Bio-Bío. Tesis para optar al título de Geógrafo. Universidad de Concepción, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía, Depto. de Geografía. 140 pp.
- ROJAS, O. y MARTÍNEZ, C. (2012). Riesgos Naturales: evolución y modelos conceptuales. *Revista Universitaria de Geografía*, Vol. 20, N°1: 83-116.
- ROJAS, O. (2010). Evaluación del Riesgo de Inundación Fluvial en el curso inferior del río Carampangue, comuna de Arauco, Chile. Tesis para optar al Título de Licenciado en Educación en Historia y Geografía. Universidad de Concepción.
- SAN MARTIN, M. (2013). El turismo en la configuración de nuevos espacios altamente vulnerables a tsunamis. El caso de Pelluhue, Región del Maule, Chile. Tesis para optar al título de Geógrafo. Universidad de Concepción, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía, Depto. de Geografía. 252 pp.
- SIMPSON-HOUSLEY, P. y LARRAÍN, P. (1985). Personalidad y percepción de terremotos en Alhué, Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, N° 12: 3-9.
- UDÍAS, A.; MADARIAGA, R.; BUFORN, E.; MUÑOZ, D. and ROS, M. (2012). The Large Chilean Historical Earthquakes of 1647, 1657, 1730, and 1751 from Contemporary Documents *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol. 102, No. 4. doi: 10.1785/0120110289
- URRUTIA, R. y LANZA, C. (1993). *Catástrofes en Chile 1541-1992*. Santiago: Editorial La Noria.
- VALDOVINOS, C.; MUÑOZ, M.; VASQUEZ, D. y OLMOS, V. (2012). Desastres naturales y biodiversidad: el caso del humedal costero Tubul-Raqui. *Revista Sociedad Hoy*, N° 19: 33-52.
- VARGAS, G.; FARIÁS, M.; CARRETIER, S.; TASSARA, A.; BAIZE, S. and MELNICK, D. (2011). Coastal uplift and tsunami effects associated to the 2010 Mw8.8 Maule earthquake in Central Chile. *Andean Geology*, N° 38: 219 -238.
- VELOSO, F. (2013). Análisis de vulnerabilidad por tsunami en la localidad de Quidico, Región del Bio-Bío, Chile. Tesis para optar al título de Geógrafo. Universidad de Concepción, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía, Depto. de Geografía. 140 pp.
- VENEGAS, J. (2012). Análisis de vulnerabilidad por tsunami en la localidad de Dichato, Región del Biobío, Chile. Tesis para optar al título de Geógrafo. Universidad de Concepción, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía, Depto. de Geografía. 210 pp.
- VILLARROEL, C. (2012). Evaluación del riesgo de inundación por tsunami en la localidad de Boca Sur, Región del Bio-Bío, mediante simulación numérica para escenarios extremos. Tesis para optar al título de Geógrafo. Universidad de Concepción, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía, Depto. de Geografía. 169 pp.

WILCHES-CHAUX, G. (1993). La vulnerabilidad global [versión electrónica]. En:

Maskrey, A (Comp.). Los Desastres No Son Naturales. La Red.