Evaluación de vulnerabilidad ante tsunami en Chile Central. Un factor para la gestión local del riesgo

Assessment of Tsunami vulnerability in Central Chile. Factor for the local management of risk

Jaque Castillo Edilia[1], Contreras Alejandra[1], Ríos Romina[1] y Quezada Flory Jorge[2]

Recibido: abril, 2012 / Aceptado: octubre, 2012

Resumen

Las características tectónicas del margen continental chileno condicionan un territorio altamente expuesto a tsunamis de origen sísmico. El borde costero de la región del Biobío en Chile Central se encuentra densamente poblado, en especial en las zonas planas y en los márgenes de cursos fluviales, donde la amenaza de tsunami es mayor. Luego de la catástrofe del 27 de febrero de 2010, más de 18 localidades costeras de la región del Biobío fueron impactadas por un tsunami que alcanzó alturas promedios de 15 m, afectando directamente zonas pobladas. Se evalúa la vulnerabilidad socioeconómica, educativa y física, ante tsunami en un centro urbano característico de la región del Biobío, Tirúa (38°20' S y 73°29' W). Para realizar esta evaluación se diseñó una metodología de trabajo en la cual se utilizaron variables representativas del ámbito socioeconómico, educativo y físico. A través del uso de SIG se obtuvo un plano síntesis donde se zonificó el área vulnerable en las categorías de alta, media y baja vulnerabilidad. Concluyendo que un 41,6% de la población del centro urbano está expuesta a los efectos de un tsunami; de la población expuesta un 75% tiene alta vulnerabilidad socioeconómica; un 57% tiene alta vulnerabilidad educativa y, finalmente un 96% de la población expuesta presenta una vulnerabilidad física alta. Estos resultados son un primer indicador a escala nacional de los altos grados de vulnerabilidad de nuestros litorales, tan extremadamente expuestos a tsunami de origen sísmico, y permiten proponer la integración de la variable vulnerabilidad en los instrumentos de planificación urbana pos desastre.

Palabras clave: Vulnerabilidad; tsunami; borde costero.

1 Universidad de Concepción, Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía, Departamento de Geografía. Correo electrónico: edjaque@udec.cl

2 Universidad de Concepción, Facultad de Ciencias Químicas, Departamento de Ciencias de la Tierra. Concepción-Chile.Correo electrónico: jquezad@udec.cl

Abstract

The tectonic features of the Chilean continental margin determine an area highly exposed to seismic tsunamis. The coastal edge of the Biobío region in central Chile is densely populated, especially in flat areas and on the margins of watercourses, where the threat of tsunami is greater. After the catastrophe of February 27, 2010, more than 18 coastal towns of the region of Biobío were impacted by a tsunami that reached average heights of 15m, directly affecting populated areas. The socio-economic, physical and educational vulnerability before tsunamis in a typical urban community of the Biobío Region, Tirúa to 38° 20 'S and 73 ° 29' W) was evaluated. For this evaluation, a work methodology was designed and variables representing the socio-economic, educational and physical development were used. By means of the use of GIS, a synthesis map was obtained where the vulnerable area was zoned in the categories of high, medium and low vulnerability. Concluding that 41.6% of the population of the Town center is exposed to the effects of a tsunami; 75% of the population exposed has high socioeconomic vulnerability, 57% has high education vulnerability and finally 96% of the population exposed has a high physical vulnerability. These results are a first indicator, at a national scale, of the high degree of vulnerability of our coastlines so extremely vulnerable to seismic source tsunami and allow proposing the integration of vulnerability variable in post-disaster urban planning instruments.

Key word: Vulnerability; tsunami; coastal edge.

1. Introducción

La Oficina de las Naciones Unidas para el Socorro en Casos de Desastre (UNDRO), ha definido el riesgo natural como el "*grado de pérdida previsto debido a un fenómeno natural determinado y en función tanto del peligro natural como de la vulnerabilidad*" (Aneas, 2000: 3); concluye que el riesgo es la probabilidad de ocurrencia de un peligro; sin embargo, añade que el concepto "*incluye la valoración por parte del hombre en cuanto a sus efectos nocivos*" (*ibídem*). Sólo se puede definir el riesgo al contar con los datos adecuados para calcular probabilidades, cuando no se cuenta con esos datos existirá incertidumbre. El riesgo natural es la "*posibilidad de que un territorio y la sociedad que lo habita pueda verse afectado por un fenómeno natural de rango extraordinario*" (Ayala-Carcedo y Olcina, 2002: 1.487). En definitiva, podemos entender por riesgo natural "*la probabilidad de que en un espacio ocurra un peligro determinado de origen natural, y que pueda generar potenciales daños y pérdidas humanas*" (Cardona, 2001: 9).

Para estudiar el riesgo se deben tener en cuenta la integración de sus factores. Según Ayala-Carcedo y Olcina, (2002), éstos están compuestos por tres fases. Primera fase: Análisis de factores de riesgo, que consta del análisis de peligrosidad, exposición y vulnerabilidad. Las otras dos fases son: evaluación del riesgo y análisis y diseño de medidas de mitigación del riesgo.

Un análisis de vulnerabilidad es un proceso por el cual se determinan la predisposición a la pérdida de un elemento o grupo de elementos ante un peligro es-

pecífico, existiendo diversos tipos de vulnerabilidad (Cardona, 2001). Todas las condiciones de vulnerabilidad de una población son factores que no se desarrollan independientemente del hombre. Por el contrario, es él quien las crea, poniéndose de espaldas al medio natural, y corre el riesgo de resultar dañado si ocurre un fenómeno natural determinado (Romero y Maskrey, 1993). En cualquier caso, el análisis de la vulnerabilidad debe realizarse desde el conocimiento y profundización de la realidad local, por medio de la generación de mayor y mejor información para el apoyo de los futuros procesos de las poblaciones (Lavell, 2003).

Los crecientes aumentos de población han transformado el paisaje urbano en la mayoría de las ciudades chilenas (Rojas *et al*., 2008). En efecto, el incremento poblacional ha generado la urgente necesidad de expandir las áreas urbanas, lo que ha significado la ocupación de sectores que presentan fuertes limitaciones naturales al emplazamiento humano, aumentando la posibilidad de ocurrencia de fenómenos naturales del tipo catastróficos.

En Chile, la población urbana representa un 86,5% [Instituto Nacional de Estadísticas (INE), 2002]; 2.5 millones de habitantes, que representan 21% de la población total, viven en centros urbanos situados a una distancia de menos de 10 kilómetros del mar (Alvarado y Castro, 2009).

El desastre natural desencadenado como consecuencia del gran tsunami del Pacífico del 27 de febrero de 2010 (Figura 1), que azotó con ferocidad las costas de Chile, ha promovido un elevado número

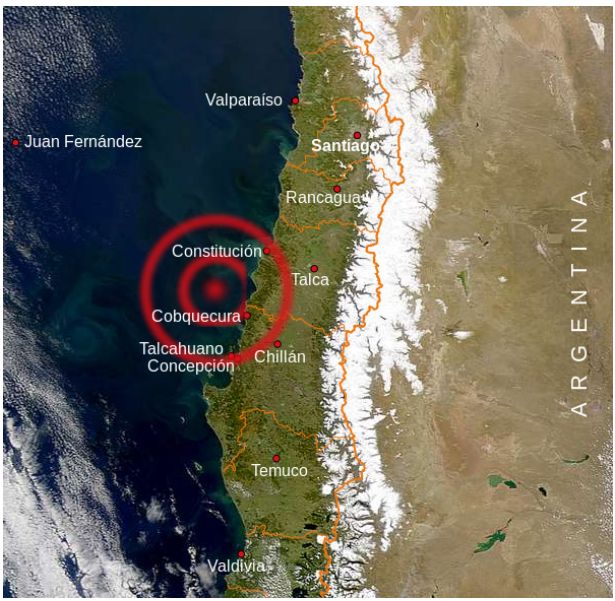

Figura 1. Localización Chile Central y las ciudades afectadas por el terremoto. Fuente:http://aquevedo.wordpress.com/2010/03/08/chile-terremoto-del-27-de-febrero-de-2010/

de reuniones donde se discute y se toma conciencia de la vulnerabilidad a que están sujetas extensas zonas de este país por diferentes causas, y la forma, si no de prevenirlas, al menos de mitigar sus catastróficos resultados.

El 27 de febrero, a las 3:34 am, la zona central de Chile fue sacudida por un terremoto de magnitud 8.8º Richter (USGS), con epicentro en las costas frente a las localidades de Curanipe y Cobquecura, profundidad focal de 35 km (Quezada *et al*., 2010). Las zonas más afectadas fueron las regiones de Valparaíso, Metropolitana de Santiago, O'Higgins, Maule, Biobío y Araucanía, que concentran a más de 13 millones de habitantes: aproximadamente el 80% de la población del país.

Por la localización submarina del epicentro y su proximidad con la costa, gran parte de los estragos fueron ocasionados por el tsunami asociado al movimiento sísmico, catalogado como el segundo más grande en la historia del país y quinto en la historia mundial desde la existencia de sismómetros (Quezada *et al*., 2010)

El terremoto y posterior tsunami cobró vidas de cientos de personas. Para la tarde del 3 de marzo, el Gobierno informó que la suma de las personas fallecidas identificadas había llegado a 279, no aclarando las desaparecidas, dejando sin hogar a cerca de dos millones de chilenos; es decir, más del 10% de la población, destruyendo infraestructura y provocando el colapso de edificios y casas en la zona centro y sur del país (Cruz Roja Chilena, 2012).

Aun conociendo las características dinámicas de Chile que lo hacen susceptible a sufrir los embates de sismos y tsunamis de gran magnitud, solo quedan algunas interrogantes: ¿Por qué continuamos construyendo en la costa? ¿Por qué no tomamos en cuenta el riesgo de tsunami? Para algunos especialistas las respuestas son bastante claras: baja frecuencia de ocurrencia de los eventos, atracción que genera localizarse cerca de la costa, ausencia de políticas y normativas de riesgos sustentables, falta de criterios, procedimientos y diseños de urbanizaciones anti-tsunami y el desconocimiento de cómo interpretar un mapa de inundación. Con respecto a este último, este instrumento nos permite educar a las comunidades costeras y tomar mejores decisiones en sus territorios (Lagos y Cisternas, 2008). Otro punto en contra para lograr un avance sustantivo en materia de riesgos naturales es cómo presentar este tema a la población en general, y cómo lograr que participe activamente de los procesos que le afectan directa o indirectamente.

Una de las localidades más afectadas de la región del Biobío fue el centro urbano de Tirúa (38º20'32" S 73º29'31" W), uno de los más pobres del país, con tasas de pobreza de 23,5% (CASEN, 2009). Quedaron destruidas todas las edificaciones ubicadas hasta cuatro cuadras de la línea costera; el edificio municipal desapareció y algunas viviendas fueron arrastradas cerca de un kilómetro por las olas que siguieron el curso del río Tirúa. Una situación similar ocurrió en la cercana Isla Mocha, donde el tsunami alcanzó una de sus mayores alturas (20 m), (Quezada *et al.,* 2010).

Tirúa es reconocida como parte del territorio indígena *Lafkenche* desde tiempos ancestrales y antes de la llegada de los españoles. En el año 1695, durante la Colonia, se funda el poblado 'Nuestra Señora de Monserrat de Tirúa', entre otras ciudades que hoy forman parte de la Región del Biobío. Según el censo 2002, el centro urbano poseía 9.664 habitantes, estimándose que para el año 2020 aumente a 11.924. Las condiciones de pobreza que presenta Tirúa, los altos índices de población indígena, (47,45% mapuches-pehuenches), (INE, 2002) llevaron a seleccionarlo como ejemplo para evaluar la vulnerabilidad de su población ante la ocurrencia de tsunami e iniciar un diagnóstico de la situación de vulnerabilidad ante tsunamis de todo el borde costero poblado de la región de Chile Central.

2. Metodología

El área de estudio (Figura 2) corresponde al centro urbano de Tirúa, perteneciente a la comuna del mismo nombre (417 km²) y un área expuesta de 230 km²; es decir, 55,1% del área de estudio. No existiendo una carta de peligro de inundación por tsunami para este centro urbano, se trabajó con el límite de inundación del tsunami del 27 de febrero del año 2010 levantado en terreno (Jaque *et*

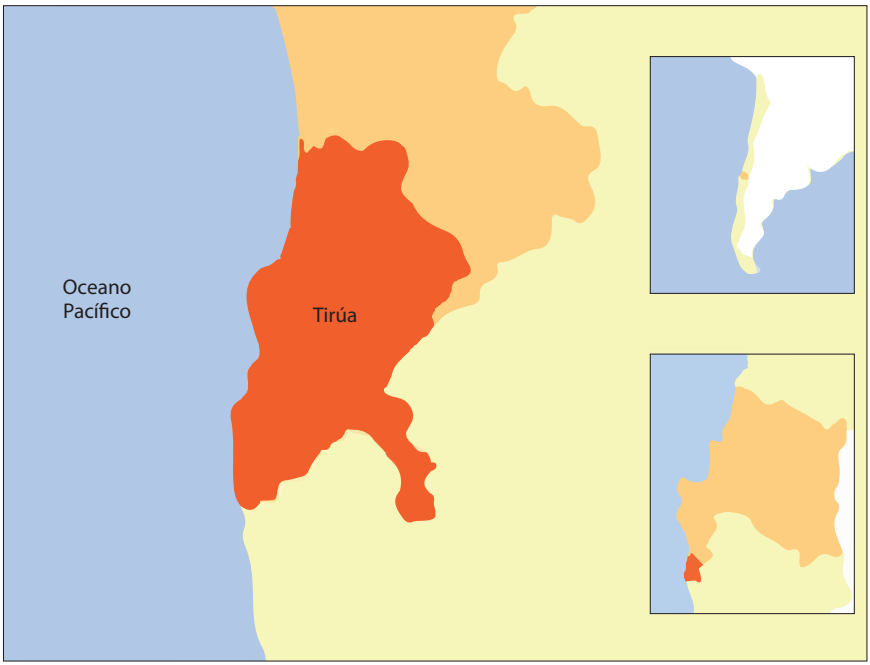

Figura 2. Centro urbano de Tirúa en el contexto regional

al., en preparación). Se identificó el total de población del radio urbano de 2.508 habitantes (INE, 2002).

La metodología aplicada se presenta en el esquema de la figura 3, donde las principales tareas consistieron en la obtención de información a través de la aplicación de encuestas de vulnerabilidad ante el peligro de tsunami, aplicadas a una muestra aleatoria.

La muestra seleccionada incluye a todos aquellos sujetos mayores de 18 años, integrantes del hogar, en las manzanas del centro urbano de Tirúa. El área de estudio se dividió en las manzanas inundadas por el tsunami del 27 de febrero del 2010, en donde se agregó un buffer de 200 m al área sobre la cota de inundación del tsunami. Del área de manzanas inundadas, se contabilizaron 269 unidades, definida como la población de las 25 manzanas. Se utilizó un muestreo probabilístico por racimos, empleando la división censal aplicada en el censo 2002 (INE, 2002). El cálculo del tamaño de la muestra consideró un error estándar menor a 0,05 y una probabilidad de ocurrencia (varianza) del 90% (Cuadro 1).

Se tabularon los datos de cada variable y se procedió a la evaluación del

Cuadro 1. Determinación de la muestra

Nombre del distrito	Área	Manzana	Nombre de manzana	Total Población *(fh)*=0,27138 *Nh (fh)=nh*	Muestra
Tirúa	Urbano	1	Zona 1	22	6
Tirúa	Urbano	2	Zona 1	3	1
Tirúa	Urbano	3	Zona 1	7	2
Tirúa	Urbano	4	Zona 2	3	1
Tirúa	Urbano	5	Zona 2	5	1
Tirúa	Urbano	6	Zona 3	14	4
Tirúa	Urbano	7	Zona 3	9	2
Tirúa	Urbano	8	Zona 3	4	1
Tirúa	Urbano	9	Zona 3	9	2
Tirúa	Urbano	10	Zona 4	12	3
Tirúa	Urbano	11	Zona 4	16	4
Tirúa	Urbano	12	Zona 4	13	4
Tirúa	Urbano	13	Zona 4	10	3
Tirúa	Urbano	14	Zona 4	7	2
Tirúa	Urbano	15	Zona 4	7	2
Tirúa	Urbano	16	Zona 5	16	4
Tirúa	Urbano	17	Zona 5	8	2
Tirúa	Urbano	18	Zona 5	13	4
Tirúa	Urbano	19	Zona 5	19	5
Tirúa	Urbano	20	Zona 5	8	2
Tirúa	Urbano	21	Zona 5	7	2
Tirúa	Urbano	22	Zona 6	5	1
Tirúa	Urbano	23	Zona 6	9	2
Tirúa	Urbano	24	Zona 6	13	4
Tirúa	Urbano	25	Zona 6	20	5

Fuente: Elaboración propia

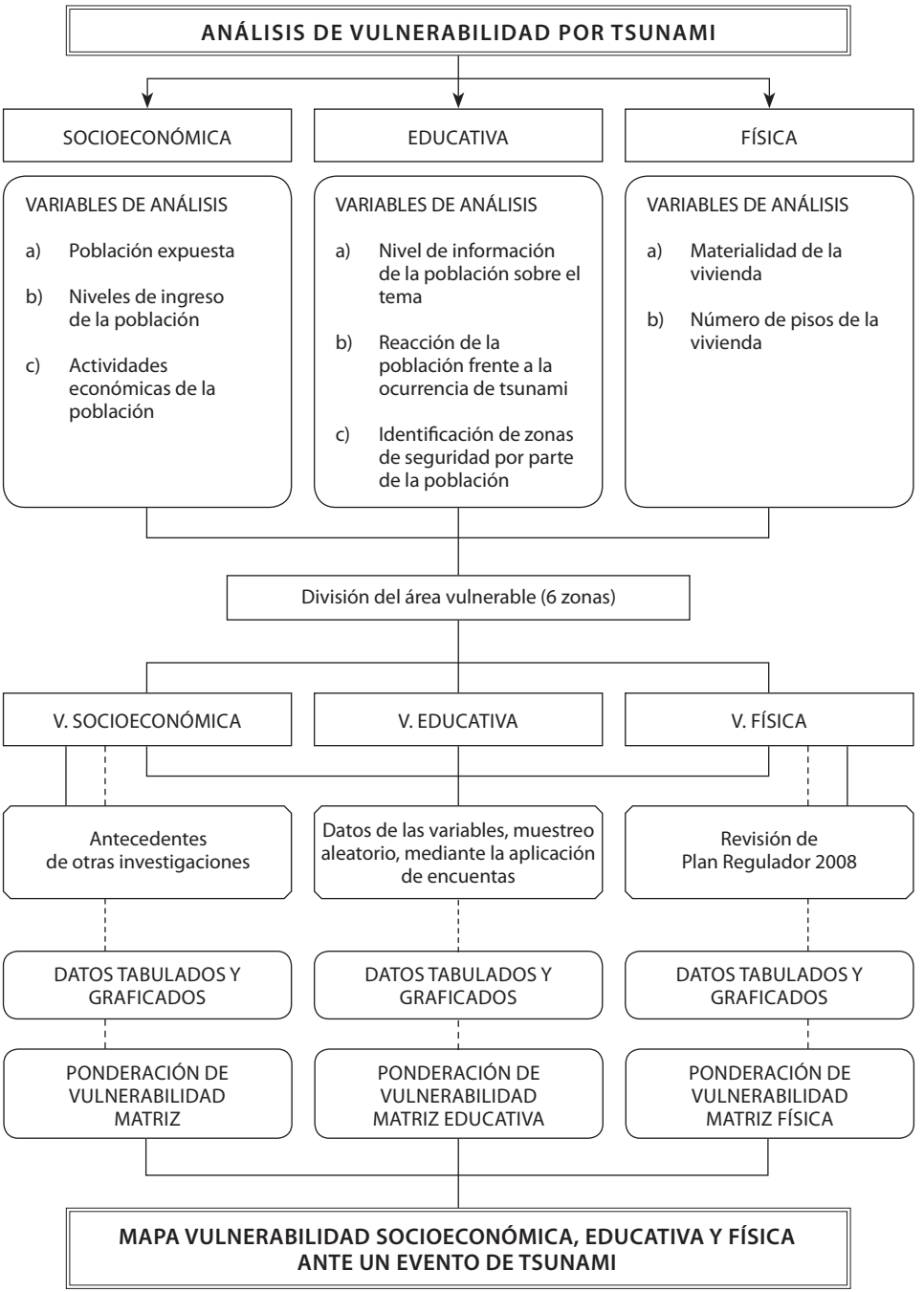

Figura 3. Esquema metodológico de la investigación

grado de vulnerabilidad de cada unidad de análisis sobre la base de la matriz confeccionada para cada vulnerabilidad: socioeconómica, educativa y física, las que se indican en los cuadros 2, 3 y 4, dando como resultado tres cartas de zonificación de vulnerabilidad.

Para evaluar la vulnerabilidad socioeconómica se trabajó con las siguientes variables: población expuesta, niveles de ingreso de la población[1] y actividades económicas de la población; estas variables se ponderaron según la siguiente matriz (Cuadro 2).

Cuadro 2. Matriz vulnerabilidad socioeconómica

Variables	Vulnerabilidad baja	Vulnerabilidad media	Vulnerabilidad alta
Población expuesta	0-30 hab.	31-60 hab.	Más de 61 hab.
Nivel socioeconómico de la población	Alto nivel de ingresos (Más de $ 401.000), (Más de US 847)	Suficiente nivel de ingresos ($ 201.000 – $ 400.000) (U$ 424 – U$ 844)	Nivel de ingresos que cubre solo necesidades básicas. ($ 0 - $ 200.000) (Menos de U$ 422)
Tipo de Actividad Económica	Población que reside en la localidad, pero desempeña alguna actividad productiva fuera de ésta. Personas que desarrollan actividades productivas ligadas a otros sectores	Población que reside y desempeña alguna actividad productiva en la localidad, pero fuera del área vulnerable. Personas que desarrollan actividades productivas ligadas al sector agrícola	Población que reside y desempeña alguna actividad productiva dentro del área vulnerable. Personas que desarrollan actividades productivas ligadas al sector comercio, servicios, pesquero y personas pensionadas

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 3: Matriz de evaluación para vulnerabilidad educativa

Variables	Vulnerabilidad baja	Vulnerabilidad media	Vulnerabilidad alta
Nivel de información sobre el tema	Personas que conciben Tirúa como una zona expuesta a la ocurrencia de un evento tsunamigénico y que manejan antecedentes históricos. La población conoce los programas de evacuación	Población que comprende el evento de tsunami, pero que no se siente expuesta y que no conoce antecedentes históricos de eventos anteriores. La población no conoce los planes de evacuación	Población que estima firmemente que Tirúa no está expuesta a la ocurrencia de un evento de tsunami y que no conoce antecedentes históricos de eventos anteriores. La población no conoce planes de evacuación
Identificación de zonas de seguridad	Población que conoce las zonas de seguridad propuestas por el municipio frente a un evento tsunamigénico	Población que tiene nociones de seguridad distintas a las propuestas por el municipio frente a un evento de tsunami	Población que no conoce las zonas de seguridad propuestas por el municipio frente a un evento tsunamigénico
Reacción frente a la ocurrencia de un evento tsunamigénico	Población que se dirige a las zonas de seguridad propuestas por el municipio	Población que se dirige a las zonas que ella considera seguras	Población que no sabe cómo enfrentar el evento tsunamigénico (espera en su hogar)

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 4: Matriz evaluativa para vulnerabilidad física

Variables	Vulnerabilidad baja	Vulnerabilidad media	Vulnerabilidad alta
Número de pisos de la vivienda	Con más de 4 pisos	2 a 4 pisos	1 piso
Materialidad de la vivienda	Hormigón de acero	Albañilería	Madera, Adobe, lata, internit

Fuente: Elaboración propia

Para evaluar la vulnerabilidad educativa se trabajó con las variables: nivel de información de la población sobre el tema, identificación de zonas de seguridad por parte de la población y reacción de la población frente a la ocurrencia de tsunami. Estas variables se ponderaron en la matriz de evaluación (Cuadro 3).

Para evaluar la vulnerabilidad física se trabajó con las variables: número de pisos y materialidad de la vivienda, las que se ponderan según lo señalado en el cuadro 4.

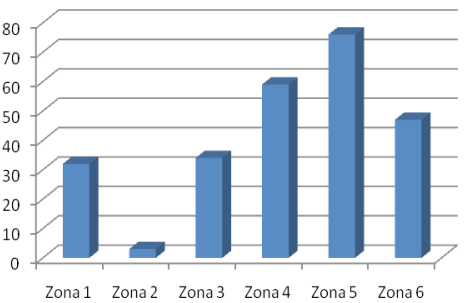

Figura 4. Población vulnerable por zona

3. Resultados

3.1 Vulnerabilidad socioeconómica

3.1.1 Variable población expuesta

Se identificó un total de 1.045 habitantes de las viviendas de la muestra en situación de vulnerabilidad (Figura 3), que corresponden a un 41,6% del total de la población del centro urbano de Tirúa (INE, 2002).

Considerando esta variable, el centro urbano de Tirúa presenta un alto grado de vulnerabilidad, un 71,9% de las manzanas tiene una población expuesta superior a los 60 habitantes en las zonas de peligro; el 28,1% de las manzanas restantes alcanzan un grado de vulnerabilidad media, pues tienen una población que fluctúa entre 31 a 60 habitantes por manzana.

3.1.2 Variable ingreso de la población

Del 100% de las viviendas encuestadas, el 37% se ubicó en el rango de ingresos familiares inferiores a U$ 188, siendo el grupo más desprotegido económicamente; con un 32% se encontraron las familias que perciben ingresos que van desde los U$ 188 a los U$ 418, siendo estas familias un grupo de nivel económico bajo dentro del centro urbano de Tirúa. En tercer lugar, con un 24% del total, se

encontraron las familias que perciben ingresos que están en el rango entre U$418 y los U$837, siendo estas familias un grupo de nivel económico medio; finalmente, y con solo un 7% del total, están aquellas familias que perciben ingresos superiores a los U$837, que se dedican a alguna actividad comercial dentro del centro urbano; se trata de familias relativamente acomodadas dentro de la localidad de Tirúa (Figura 5).

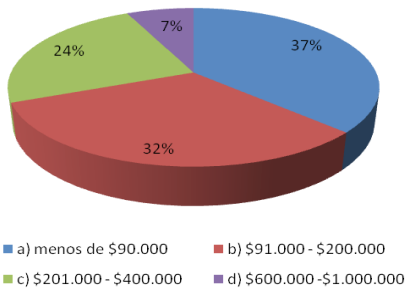

Figura 5. Nivel de ingresos de la población centro urbano de Tirúa

La vulnerabilidad según esta variable es alta, pues sobre el 69% de la población que reside en este sector tiene ingresos menores a U$418 y, al verse afectada por un evento de tsunami, no tendría la capacidad para una recuperación rápida, en comparación a las zonas con mayor ingreso. El resto de la población alcanzó niveles medios de vulnerabilidad para esta variable, ya que un 31% de la población que reside en este sector percibe ingresos que van desde los U$ 418 a los U$ 837, población que al verse afectada por un evento de tsunami, tendría cierta capacidad económica para recuperarse con esfuerzo propio.

3.1.3 Variable actividad económica

En el centro urbano de Tirúa, el 38% de los encuestados desempeña su actividad laboral en el sector de servicios; el 34% se dedica a la actividad comercial ligada al sector comercio y la venta al detalle en pequeños locales comerciales de abarrotes; el 11% desempeña sus actividades laborales en otro sector, siendo personas pensionadas que han terminado su vida laboral; un 10% de los encuestados se desempeñan en el sector pesquero, principalmente dedicados a la pesca artesanal; un 6% se dedica al sector agropecuario como actividad laboral y, finalmente, un 1% desempeña sus actividades en el sector industrial (Figura 6). En el análisis de panorama general del centro urbano de Tirúa, se observó que predominó como fuente de ingresos el sector servicios, y que el sector industrial es el que genera menos ingresos.

Más del 72% del total de la población de Tirúa trabaja en los sectores servicios, comercio, pesca artesanal y pensionados, realizando sus actividades laborales dentro del centro urbano, por lo cual estas

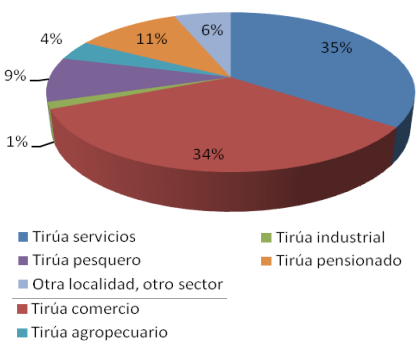

Figura 6. Lugar y sector de desempeño laboral

manzanas se encasillaron en un sector de alta vulnerabilidad, dado que el centro urbano representa una fuente laboral importante para estas manzanas; un 28% de la población trabaja en el sector agrícola, realizando sus actividades laborales dentro del centro urbano de Tirúa, pero fuera del área vulnerable, por lo tanto estas manzanas corresponden a un grado de vulnerabilidad media (Figura 7).

3.2 Vulnerabilidad educativa

La vulnerabilidad educativa se evaluó considerando el nivel de escolaridad de la población; la percepción de la población respecto de su exposición frente a un nuevo evento de tsunami, el conocimiento de la población de eventos históricos de tsunamis ocurridos y el conocimiento de la existencia de planes de evacuación o mitigación desarrollados por el municipio.

3.2.1 Nivel de escolaridad

El panorama general del área reveló que la escolaridad predominante corresponde a la enseñanza básica incompleta (25,4%), básica completa (22,5%), enseñanza media incompleta (22,5%), educación media completa (15,5%) y solo un 14,1% tiene educación superior. Es importante destacar el porcentaje de la población que no logró terminar su enseñanza básica, la que, desde la educación formal, no posee mayor conocimiento

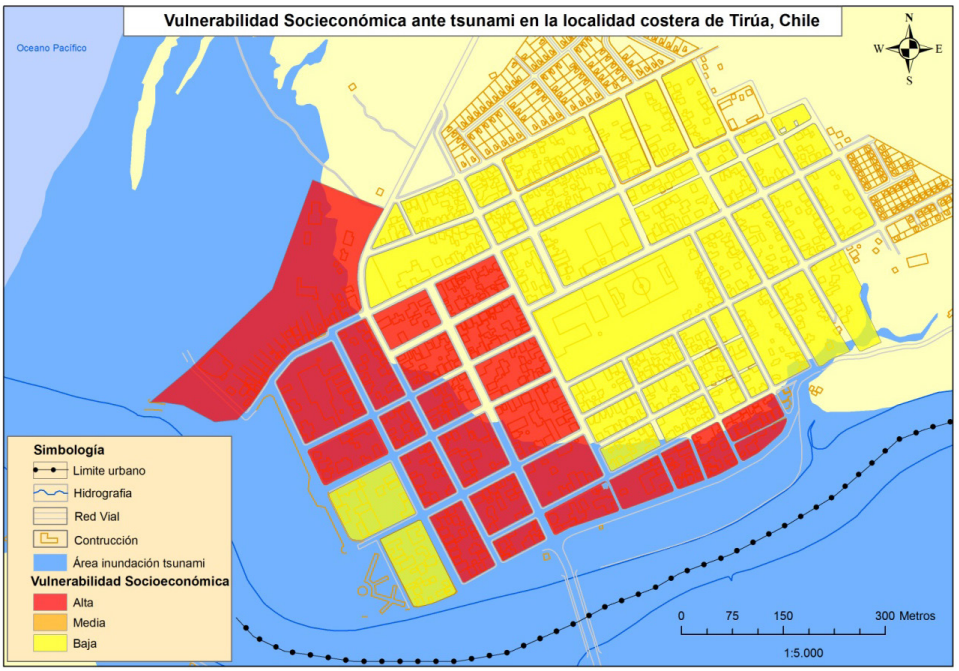

Figura 7. Zonificación de vulnerabilidad socioeconómica de Tirúa

sobre tsunamis, siendo que éste se basa fundamentalmente en la propia experiencia y la tradición oral.

3.2.2 Percepción de la población frente a un nuevo evento

Respecto de la posible ocurrencia de un nuevo evento de tsunami (Figura 8), la amplia mayoría de la población (59%) señala que es posible que ocurra un evento parecido al del 27F en el lugar; un porcentaje menor (20%) alude a que esta posibilidad depende de creencias religiosas.

3.2.3 Antecedentes históricos

También fue importante considerar el conocimiento de la población con relación a eventos de tsunamis ocurridos en Tirúa (antecedentes históricos), pues esto crea una relación directa con el conocimiento o la sensación de estar expuesto frente a un evento de tsunami (Figura 9). En este sentido, solo un 32,47% de la población encuestada, recordaba o tenía antecedentes del terremoto y tsunami del 22 de mayo de 1960 en las costas de Chile (SHOA, 2008); el 67% restante no recordaba o no tenía antecedentes de dicho evento.

3.2.4 Conocimiento de planes de evacuación del municipio

De igual manera, se consultó por el conocimiento sobre la existencia de planes de evacuación o mitigación desarrollados por el municipio para el área vulnerable frente a la ocurrencia de un evento de tsunami. La mayoría de la población (67,7%) no conoce los planes de evacuación propuestos por el municipio; mientras que el 32,4% restante si tiene conocimiento de ellos; al consultar en que consiste dicho plan las respuestas concordaron en que consistía en correr hacia las alturas.

3.2.5 Conocimiento de áreas de seguridad

También se indagó con relación a si la población conoce las zonas de seguridad o vías de evacuación propuestas por el municipio, con el objetivo de analizar la percepción de la población respecto de la

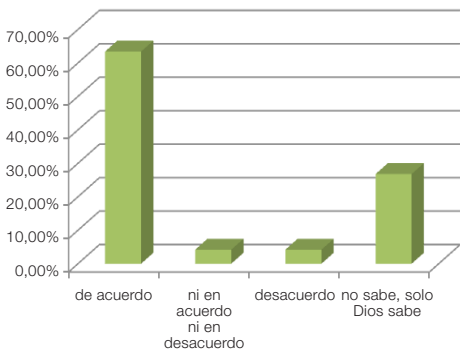

Figura 8: Percepción de la población frente a la posibilidad de que ocurra un nuevo tsunami

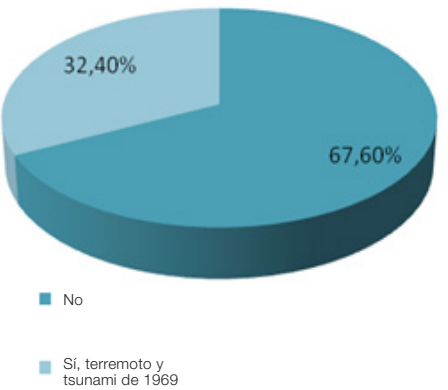

Figura 9: Antecedentes de tsunami anterior

labor municipal de difusión. La situación general del área de estudio estableció que el 74% de la población no conoce las zonas de seguridad y las vías de evacuación propuestas por el municipio; solo el 26% conoce alguna de las vías de evacuación y las zonas de seguridad (Figura 10).

3.2.6 Percepción de la población con relación a la preocupación de la municipalidad

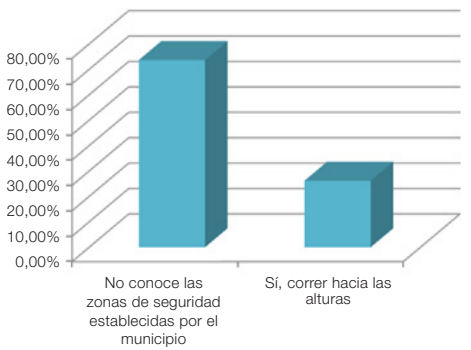

Figura 10: Conocimiento de las zonas de seguridad área vulnerable

Como último elemento fue necesario considerar la percepción que tiene la población respecto de la preocupación que presenta la municipalidad en relación al tema, principalmente en función informativa hacia la población expuesta. El 40% de la población consideró que la municipalidad no muestra una preocupación por el tema de tsunamis, considerando que no cumple su rol educador hacia la comunidad, ya que no conocen ningún plan creado por el municipio; tampoco conocen la existencia de alguno. Al mismo tiempo se observa que solo un 15% de la población consideró que sí existe una clara preocupación de parte de la municipalidad respecto del tema. El 30% de la población se agrupó en la categoría de personas que no saben que responder respecto del tema de la municipalidad. El 30% restante se incluyó dentro del grupo de indecisos en su respuesta.

3.2.7 Reacción de la población frente a la ocurrencia de tsunami

Esta variable pretendió establecer cuál fue la reacción de la población a la hora de enfrentarse al evento de tsunami del 27F y si esto conlleva a acentuar el riesgo o disminuirlo. Lo primero requirió establecer la reacción de la población en la totalidad del área vulnerable. De esta manera se estableció que un 97% de la población se dirigió a las zonas de seguridad establecidas por ellos mismos, mientras que solo un 3% esperó tranquilamente en su hogar. Cabe mencionar que las alternativas tales como 'Se dirigió a la zona de playa para observa el comportamiento del mar', 'Trató de salvar la mayor cantidad de bienes materiales' y 'Rápidamente se dirigió a las zonas de seguridad propuestas por la municipalidad' no obtuvieron representatividad.

3.2.8 Evaluación de organismos púbicos

Se evaluó qué institución u organismo público ayudó más al momento de enfrentarse a un evento de estas características, determinando de esta forma la institución más confiable para los pobladores del centro urbano de Tirúa (Figura 11). Los resultados son preocupantes, pues el 54% de la población expresa que

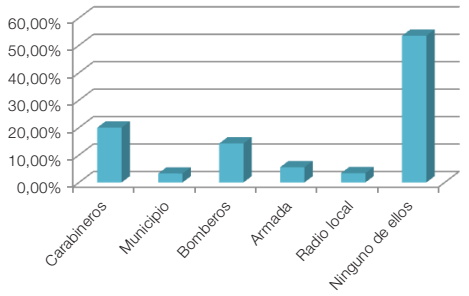

Figura 11: Evaluación de organismos públicos frente a la ocurrencia del tsunami

ningún organismo público les apoyó en el momento en que se produjo el tsunami; también expresan los encuestados que las instituciones mencionadas 'fueron las primeras en correr', dejando entre ver la poca organización y preparación frente a un evento de estas características. La institución mejor evaluada fue la de 'Carabineros de Chile' con un 20%, luego Bomberos con un 14%; los niveles más bajos los presenta la armada con un 6%, municipio con un 3% y la radio local con un 3%.

Modeladas estas variables según la matriz del cuadro 3, se determinó la vulnerabilidad educativa para cada una de las manzanas estudiadas. Donde un 44,2% de las manzanas presenta vulnerabilidad educativa alta; el 54,2% de las manzanas, tiene una vulnerabilidad educativa media.

En estos casos, la población se siente expuesta, pero no conoce antecedentes históricos de eventos anteriores. Además, la población no conoce los planes de evacuación, en cuanto a la identificación de zonas de seguridad, la población tiene nociones de seguridad distintas a las propuestas por el municipio, frente a un evento de tsunami. Se considera que la reacción frente a la ocurrencia de un evento de tsunami mostrado por la población es aceptable, pues se dirige a las zonas de seguridad que consideran apropiadas (Figura 12).

Solo un 1,6% de la población se enmarca en el umbral de vulnerabilidad educativa baja; este porcentaje se siente expuesto a la amenaza y posee antecedentes históricos de eventos anteriores; además, posee nociones sobre algún plan de evacuación frente a la ocurrencia de un evento de tsunami y la población tomaría como opción dirigirse a las zonas de seguridad que ellos consideran apropiadas.

3.3 Vulnerabilidad física

El centro urbano de Tirúa posee una morfología urbana que se identifica por su desarrollo en extensión, con edificación de un piso y estructura de madera. Su estructura urbana corresponde a manzanas ortogonales unidas entre sí por un trazado de calles de forma regular. El uso predominante es el residencial; sin embargo, Tirúa posee una función de servicios debido a su rol de capital comunal. Cuenta con un variado equipamiento de nivel local o comunal donde destacan los de servicios públicos: municipalidad, consultorio de salud rural, registro civil, correo, cuerpo de bomberos, tenencia de carabineros, liceo, escuela básica, internado, jardín infantil, biblioteca pública,

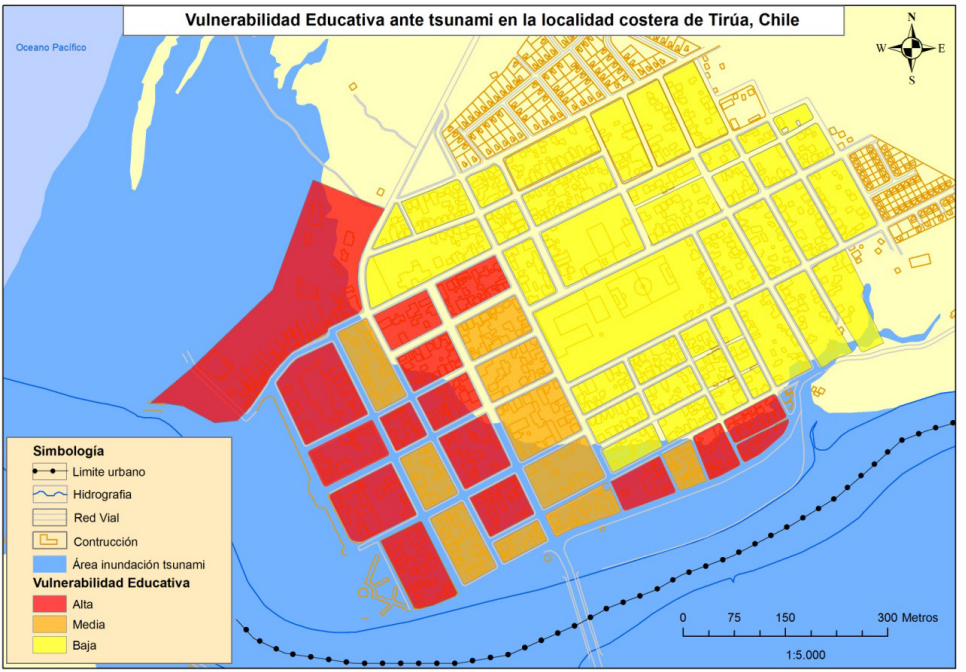

Figura 12. Zonificación de vulnerabilidad educativa en centro urbano de Tirúa

servicio electoral, y equipamiento comunitario: juntas de vecino, sede sindicato de pescadores, estadio municipal y gimnasio municipal y comercio.

La situación general del área de estudio establece que más de la mitad de los elementos presentes en ella muestran un grado de materialidad de viviendas en buen estado con un 50,3% y, con un 23,3% las viviendas deficitarias, quedando un 16% de viviendas aceptables y, finalmente, con 9,9% de viviendas recuperables (CASEN, 2009). Para determinar diferencias según zonas, se analizó cada zona en particular para establecer la vulnerabilidad de cada una de las unidades territoriales analizadas (Figura 13). Según la información recabada, de elementos vulnerable frente a los efectos de un evento de tsunami, se observa que el material de construcción que prima es la madera que representa el 95% del total, seguida por la albañilería con un 3%, el internit (placas planas constituidas por una mezcla homogénea de cemento, refuerzos orgánicos y agregados naturales) junto con el adobe y otro tipo de planchas metálicas con un 1%, al igual que el hormigón de acero con un 1%. Se observó que en relación con el número de pisos de los elementos en situación de riesgo, predominan aquellos de 1 piso, representando el 90% del total y, finalmente, con un 10% del total, los elementos de 2 pisos de altura.

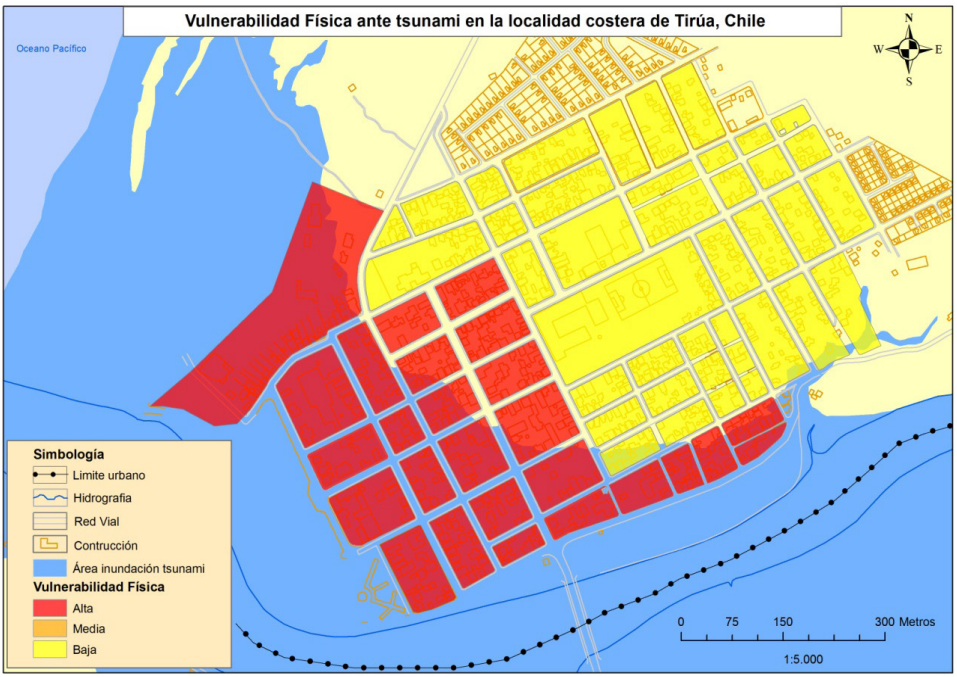

Figura 13. Zonificación de vulnerabilidad física en el centro urbano de Tirúa

La vulnerabilidad física para cada una de las manzanas, según el cuadro 4, muestra que el 98% de las manzanas, poseen un grado de vulnerabilidad física alta, presentan una materialidad predominante de madera, con un piso de altura, esto sumado permite definir estas manzanas con vulnerabilidad física alta. El 2% de las manzanas restantes poseen un grado de vulnerabilidad física media, en ellas el número de pisos para cada una de las manzanas que predominó es dos, lo que disminuye el grado de vulnerabilidad, pero en cuanto a la materialidad en estas manzanas predominaron las viviendas construidas con madera.

4. Conclusiones

Al igual que el centro urbano de Tirúa dieciocho localidades costeras más, fueron afectadas por el tsunami del 27 de febrero de 2010 en la región centro sur de Chile; las condiciones de vulnerabilidad no difieren considerablemente de este caso de estudio y, por lo general, los sectores evaluados como de alta amenaza de tsunami, en su mayoría, coinciden con una población socialmente deteriorada.

Los datos obtenidos para el centro urbano de Tirúa señalan que un 94% de la población del área inundada en el tsunami de 2010, desempeña sus actividades dentro del área expuesta, en los sectores servicio, comercio y pensionado, alcan-

zando un número de 982 habitantes; el 69% del área expuesta, presenta vulnerabilidad socioeconómica alta, con ingresos inferiores a U$ 418, lo cual disminuye la capacidad de auto recuperación de las familias.

La vulnerabilidad educativa es alta, debido a que la población tiene menos de un 50% de educación básica y un 68% no conoce los planes y programas diseñados por las autoridades para enfrentar eventos tsunamigénicos; de hecho, la situación a la que están expuestos los residentes de la localidad que han adquirido viviendas edificadas en la ribera del rio Tirúa, muestran que aunque saben por su nivel educacional lo que es un tsunami, no tienen antecedentes históricos de lo ocurrido en este sector y lo que deberían hacer al enfrentarse a un tsunami. Existe una relación directa entre el nivel socioeconómico y el nivel de información sobre un tsunami en el centro urbano de Tirúa, ya que se verificó que a menor nivel de ingreso la vulnerabilidad educativa es mayor.

La vulnerabilidad física alta por tsunami alcanza un 98% de las manzanas; los materiales de construcción en buena medida corresponden a madera y las construcciones son en su mayoría de un solo piso; ambas condiciones influyen en una mayor vulnerabilidad de las viviendas al impacto de un tsunami.

Los altos niveles de vulnerabilidad encontrados en el centro urbano de Tirúa dan cuenta de una ausencia en Chile de una política de desarrollo urbano ligada a la extensa historia de registros de desastres naturales catastróficos asociados a la dinámica tectónica del territorio. Ausencia sumada a una débil inclusión del concepto de peligro o amenaza en las variables de restricción de usos de suelo en los instrumentos de planificación vigentes [Ley General de Urbanismo y Construcción (LGUC)].

Como lo señala EIRD/ONU (2011), la urbanización mal planificada y mal gestionada, la degradación de los ecosistemas y la pobreza, entre otros, producen una acumulación de riesgo en el tiempo, por lo tanto se hace necesario conocer las áreas potencialmente expuestas a sufrir daños productos de eventos naturales catastróficos, para luego generar las evaluaciones de vulnerabilidad y exposición de la población a estos fenómenos lo que permitiría gestionar, de manera más adecuada, el riesgo, desarrollando propuestas concretas tendentes a fortalecer las vulnerabilidades más altas.

El aporte de esta investigación a la gestión local del riesgo se manifiesta en evidenciar gráficamente las condiciones socio materiales que identifican a una comunidad como vulnerable y, por lo tanto, puede dirigir políticas locales de gestión orientadas a disminuir esos índices de vulnerabilidad, en especial los relacionados a la acción de los actores locales y organizaciones comunitarias.

5. Agradecimientos

A la Dirección de Investigación de la Universidad de Concepción. Proyecto de Investigación DIUC FI Nº 209.603.010-1. Valoración de los riesgos naturales en un

territorio socioeconómicamente degradado, provincia de Arauco, VIII Región. Orientaciones para la Gestión Integrada del Territorio.

6. Nota

1 El nivel de ingresos de la población se encuentra condicionado en relación al sueldo mínimo en Chile que corresponde a $172.000 equivalente a US 363,47.

7. Referencias citadas

ANEAS DE CASTRO, S. 2000. *Riesgos y peligros: una visión desde la geografía*. Scripta Nova Universidad de Barcelona, 60. Disponible en: http://www.ub.edu/geocrit/sn-60.htm.

ALVARADO BARRA, C. y C. CASTRO AVARIA. 2009. *La gestión del litoral chileno: un diagnóstico*. Universidad Católica de Chile, Instituto de Geografía. Disponible en: http://146.155.48.139/gestioncostera/pdf/RedIbermar.pdf.

AYALA-CARCEDO, F. y J. OLCINA CANTOS. 2002. **Riesgos naturales**. Editorial Ariel, Barcelona-España. 1.512 p.

CASEN, 2009. *Encuesta de Caracterización Socioeconómica Nacional*. Ministerio de Planificación (MIDEPLAN), Gobierno de Chile. Disponible en: http://www.ministeriodesarrollosocial.gob.cl/casen2009/.

CARDONA, O, 2001. *Estimación holística del riesgo sísmico utilizando sistemas dinámicos complejos*. Universitat Politècnica de Catalunya. Tesis Doctoral. Disponible en: http://www ipcc-wg2.gov/njlite_download.php?id=6473.

CRUZ ROJA CHILENA, 2012. *Terremoto Chile 2010: Memoria a dos años del inicio de la operación*. Federación Internacional de Sociedades de la Cruz Roja y Media Luna Roja. Disponible en: http://www.cruzroja.cl/files/memoria_OK_final_baja.pdf.

EIRD/ONU, 2011. *Informe de evaluación global sobre la reducción del riesgo de desastres. Ginebra, Suiza*. Estrategia Internacional para la Reducción de Desastres de las Naciones Unidas. Disponible en: http://www.preventionweb.net/english/hyogo/gar/2011/en/bgdocs/GAR-2011/SP_GAR2011_Report_Backmatter.pdf.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICAS (INE). 2002. *Síntesis de Resultados***.** República de Chile- Santiago-Chile.

LAGOS LÓPEZ, M. y M. CISTERNAS VEGAS. 2008. *Marco. El nuevo riesgo de tsunami: considerando el peor escenario*. **Scripta Nova. Revista Electrónica de Geografía y Ciencias Sociales.** Barcelona: Universidad de Barcelona, vol. XII, núm. 270 (29). Disponible en: http://www.ub.es/geocrit/sn/sn-270/sn-270-29.htm [ISSN: 1138-9788].

LAVELL, A, 2003. *La gestión local del riesgo: nociones y precisiones en torno al concepto y la práctica*. CEPREDENAC-PNUD. Disponible en: http://www.desenredando.org/public/libros/2006/ges_loc_riesg/gestion_riesgo_espanol.pdf.

QUEZADA, L.; JAQUE, E.; BELMONTE, A.; FERNÁNDEZ, A.; VÁSQUEZ, D. y C. MARTÍNEZ. 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** 2: 11-44.

ROJAS Q. C.; DÍAZ MA. y E. JAQUE. 2008. *Sostenibilidad Urbana. Tomé: Una propuesta para evaluar los planes reguladores chilenos*. **Revista Urbano** 17: 26-35.

ROMERO, G. y A. MASKREY. 1993. *Como entender los desastres naturales*. La Red de Estudios Sociales en Prevención de Desastres en América Latina. Disponible en: http://www.desenredando.org/public/libros/1993/ldnsn/html/cap1.htm.

SHOA, 2008. *Cómo sobrevivir a un maremoto, 11 lecciones del Tsunami ocurrido en el sur de Chile el 22 de mayo de 1960*. Disponible en: http://www.oceandocs.org/handle/1834/1575.