

COMPRENDIENDO LOS FACTORES QUE INCREMENTAN LA VULNERABILIDAD ANTE INUNDACIONES EN ASENTAMIENTOS COSTEROS IRREGULARES EN CHILE: EL CASO DE LAGUNA VERDE

Felipe Igualt ^{1*}, Wolfgang Alejandro Breuer ², Patricio Winckler ^{3,4,5} y Manuel Contreras-López ^{6,7}

RESUMEN

Existen diversos asentamientos dentro de las costas de Sudamérica cuya vulnerabilidad se explica por la ocupación irregular de zonas costeras de baja altura (ZCBA). En Chile, cerca del 10% de los 4.955 asentamientos totales se ubican en dichas áreas. El objetivo de este trabajo es identificar los factores que incrementan la vulnerabilidad ante inundaciones en un poblado representativo de la ocupación irregular de la zona central de Chile, Laguna Verde, y proponer recomendaciones para reducir la vulnerabilidad desde la planificación territorial. Se aplicó un marco metodológico que incluye el análisis histórico del uso de suelo, la evaluación de vulnerabilidad física, la medición de la percepción de seguridad en residentes, y la revisión crítica de instrumentos de planificación territorial (IPT). La aplicación de este marco se basa en el peor escenario de inundación para Laguna Verde. Los resultados muestran una alta vulnerabilidad, atribuida al irregular y explosivo crecimiento de población y edificaciones, la cual es consistente con la percepción de los residentes. La ausencia de IPT basados en el riesgo, que restrinjan el uso de ZCBA, así como la falta de implementación de estos, explican en parte la alta vulnerabilidad registrada en las zonas bajas.

PALABRAS CLAVES

Tsunami; Percepción de riesgo; Laguna Verde; Instrumentos de planificación territorial; Adaptación; Chile

UNDERSTANDING THE FACTORS THAT INCREASE VULNERABILITY TO FLOODING IN IRREGULAR COASTAL SETTLEMENTS IN CHILE: THE CASE OF LAGUNA VERDE

ABSTRACT

Several settlements along South American coasts are located on low elevated coastal zones (LECZ) whose vulnerability is explained by irregular occupation. About 10% of the 4,955 settlements in Chile are located in these areas. The objective of this work is to identify the factors that increase vulnerability to flooding in the town of Laguna Verde, a representative case in Central Chile, and to propose land planning recommendations to reduce vulnerability. A methodological framework including the analysis of historical land use, the assessment of physical vulnerability using the PTVA-3 method, resident's perception of security, and a critical review of territorial planning instruments (IPT) is applied herein. The application of this framework is based on the worst flooding scenario for Laguna Verde. The application of the PTVA-3 method shows the high vulnerability can be attributed to the irregular and explosive growth of population and buildings, which is reflected in the resident's perception. The absence of risk-based IPTs restricting the land-use within LECZ partly explain the high vulnerability recorded in such areas of the town.

KEYWORDS

Tsunami; Risk perception; Laguna Verde; Territorial planning instruments; Adaptation; Chile

1. Escuela de Arquitectura y Diseño, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile.

2. Facultad de Arquitectura, Construcción y Diseño, Universidad del BíoBío, Concepción, Chile.

3. Escuela de Ingeniería Oceánica, Universidad de Valparaíso, Chile.

4. Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres (CIGIDEN), Santiago, Chile.

5. Centro de Observación Marino para estudios de Riesgos del Ambiente Costero (COSTAR), Valparaíso, Chile.

6. Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile.

7. Programa Doctorado Interdisciplinario en Ciencias Ambientales, Universidad de Playa Ancha, Valparaíso, Chile.

*Autor de correspondencia: figualt@ead.cl

DOI:

<https://doi.org/10.55467/reder.v9i1.176>

RECIBIDO

18 de septiembre de 2023

ACEPTADO

9 de marzo de 2024

PUBLICADO

1 de enero de 2025

Formato cita

Recomendada (APA):

Igualt, F., Alejandro Breuer, W., Winckler, P. & Contreras-López, M. (2025). Comprendiendo los factores que incrementan la vulnerabilidad ante inundaciones en asentamientos costeros irregulares en Chile: El caso de Laguna Verde. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 9(1), 15-31. <https://doi.org/10.55467/reder.v9i1.176>



Todos los artículos publicados en REDER siguen una política de Acceso Abierto y se respaldan en una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial 4.0 Internacional.

INTRODUCCIÓN

La vulnerabilidad es un concepto amplio, caracterizado por diferentes dimensiones, dependiendo del contexto en el cual se estudia (Birkmann, 2006), tales como la física, social, económica y medioambiental. Contiene los factores que aumentan la predisposición de un sistema a ser afectado por un evento extremo (UN, 2021; Pathak et al., 2020). Woodruff et al. (2018) define la vulnerabilidad física como la habilidad del entorno construido, incluidos casas, calles, puentes, hospitales, escuelas y edificios de gobierno para resistir impactos, siendo generalmente cuantificado como el valor monetario de los activos afectados. Específicamente UNESCO-IHE (2021), establece que la vulnerabilidad física hacia inundaciones representa el posible estado de daño que resulta de la susceptibilidad, exposición y resiliencia de un asentamiento hacia un evento de inundación.

La vulnerabilidad física es uno de los principales componentes de un diseño y planificación resiliente (Koshimura & Shuto, 2015) y su caracterización es importante para determinar posibles estrategias de adaptación y manejo del riesgo (Nasiri et al., 2016). Para los asentamientos costeros informales, la vulnerabilidad física es asociada con la ocupación irregular de tierras, donde la baja inversión y carencia de planificación estratégica se reflejan en servicios, edificaciones e infraestructuras precarias, junto con un ecosistema deteriorado.

Muchas ciudades de Latinoamérica fueron fundadas en zonas costeras debido a su accesibilidad, presencia de agua, suelos fértiles, morfología y clima favorable (Barragán & Andrés, 2016). Con el paso del tiempo, la expansión urbana y la especulación de uso de suelos, se ha generado un aumento en el precio de suelos, viviendas y costo de vida en las ciudades (Hidalgo et al., 2016). Esto ha dado paso a un uso y apropiación irregular de tierras, concentradas en el perímetro de zonas urbanas. Calil et al. (2017) señala que más de 500.000 personas en Latinoamérica y el Caribe viven en áreas donde convergen la pobreza y la exposición de las personas, los bienes y los ecosistemas con los peligros costeros.

Los asentamientos irregulares comparten condiciones comunes de precariedad. Dentro de estas, UN-Habitat (2015) señala la falta de acceso a agua potable, instalaciones sanitarias deficientes, viviendas hacinadas, mala calidad de viviendas y la ausencia de títulos de propiedad como las principales carencias de los asentamientos irregulares. Estos asentamientos muestran además una alta exposición a eventos extremos (Harman et al., 2015) y suelen ubicarse en desembocadura de ríos y estuarios (Fariña & Camaño, 2012), o en la periferia de centros urbanos consolidados. Los asentamientos irregulares crecen sin consideraciones al marco regulatorio oficial que entregan los IPT (UN-Habitat, 2015), pudiendo generar un fuerte impacto y erosión en el medioambiente (Martínez et al., 2022). En Latinoamérica, los habitantes que viven en asentamientos irregulares corresponden al 24% del total de la población (UN-Habitat, 2015; Sandoval & Sarmiento, 2018), sin embargo, este número ha aumentado debido a la migración (Contreras et al., 2019). En esta región se aprecia además que la informalidad comparte características de ocupación similar, caracterizada por asentamientos que, junto con quedar fuera de la planificación urbana y de las políticas públicas, tienen un acceso limitado a espacio público y áreas verdes (Sandoval & Sarmiento, 2018).

Asentamientos irregulares en Chile

Chile está compuesto por 16 regiones, 15 de las cuales limitan con el Océano Pacífico. La costa de Chile contiene 100 comunas continentales y 12 insulares. De acuerdo con el Censo de 2017 (INE, 2018), 4,5 millones de personas viven en alguna de aquellas comunas costeras, mientras que cerca de 1 millón de personas habitan en zonas costeras de baja altura (ZCBA), es decir aquellas ubicadas bajo los 10m sobre el nivel del mar (MMA, 2019). El Censo de 2017 identifica 4.955 asentamientos urbanos y rurales en Chile. De estos, 484 (correspondiente al 9,77%) están situados en la costa (Tabla 1), expuestos a tsunamis e inundaciones (Delgado, 2011; Cubelos et al., 2019; Iguait et al., 2019). Adicionalmente, el cambio climático ha incrementado la frecuencia e intensidad de tormentas costeras afectando estos asentamientos (Winckler et al., 2020), mientras que la erosión de playas (Winckler et al., 2023) y daños a la infraestructura costera aumentarán durante el siglo XXI (Winckler et al., 2022).

La clasificación que actualmente utiliza el Instituto Nacional de Estadísticas de Chile (INE) para diferenciar asentamientos urbanos y rurales (Tabla 2) puede inducir a errores debido a la fuerte estacionalidad del turismo de sol y playa; esta clasificación es relevante ya que define los niveles de intervención del Estado en cada asentamiento. La estacionalidad del turismo, sin

*Revista de Estudios
Latinoamericanos sobre
Reducción del Riesgo de
Desastres (REDER)*

Diseño: Lupe Bezzina

embargo, tiene un impacto notable en la exposición y el riesgo de la población (Smith et al., 2015), así como en la capacidad de carga y los servicios públicos de un asentamiento (Stathakis & Baltas, 2018). Por ejemplo, en el norte de Chile, muchos asentamientos costeros se clasifican oficialmente como rurales, aunque durante el verano su aumento de población equivale al valor utilizado para definir los asentamientos urbanos. Esta clasificación errónea se debe a que las estadísticas de población se basan en el número de habitantes el día del censo, que se aplica habitualmente en abril, coincidiendo con una drástica disminución de la población después del verano. Además, los censos suelen realizarse una vez por década, por lo que no captan la presencia de trabajadores estacionales, propietarios de segundas viviendas y migrantes (Stathakis & Baltas, 2018).

Clasificación INE	Asentamientos totales		Asentamientos costeros		Asentamientos costeros por entidad (%)
	#	%	#	%	
Ciudad	270	5,45	55	11,36	20,37
Pueblo	289	5,83	41	8,47	14,19
Aldea	727	14,67	50	10,33	6,88
Caserío	3.669	74,05	338	69,83	9,21
Total	4.955	100	484	100	9,77

Tabla 1. Asentamientos totales y costeros en Chile expresados en números (#) y porcentaje (%), según la clasificación del INE
Fuente: Autores, 2025.

Nota: La clasificación se define según el número de habitantes, funciones administrativas y fuerza laboral.

Clasificación INE	Definición	Núm. de habitantes	Otras condiciones
Entidad urbana	Asentamiento humano con continuidad y concentración de construcciones en un amanzanamiento regular	Mayor a 2.000	Sin restricción
		Entre 1.001 y 2.000	Menos del 50% de la fuerza laboral se dedica a actividades primarias
Ciudad	Entidad urbana	Mayor a 5.000	Sin condiciones
		Entre 1.001 y 5.000	Capital regional o provincial
Pueblo	Entidad Urbana	Entre 2.001 y 5.000	Sin condiciones
		Entre 1.001 y 2.000	Menos del 50% de la fuerza laboral se dedica a actividades primarias
Entidad rural	Asentamiento humano concentrado o disperso	Menos de 1.000	Sin restricciones
		Entre 1.001 y 2.000	Más del 50% de la fuerza laboral se dedica a actividades primarias
Aldea	Entidad rural. Presenta generalmente amanzanamiento y/o continuidad de viviendas en torno a una vía de comunicación estructurante	Entre 301 y 2.000	Sin restricciones
			Más del 50% de la fuerza laboral se dedica a actividades primarias
Caserío	Entidad rural con nombre propio que posee 3 viviendas o más, cercanas entre sí y no forma parte de otra entidad	Menos de 301	Sin restricciones

Tabla 2. Definiciones de asentamientos humanos en Chile, según el Instituto Nacional de Estadística
Fuente: INE (2019).

En Chile, los asentamientos costeros irregulares pequeños e intermedios que emergen en la interfaz urbano-rural (Atisba, 2018; Maturana, 2015; De Mattos et al., 2014; Galindo y Delgado, 2006), y las apropiaciones irregulares de tierra (Pino & Ojeda, 2013) difieren de las ocupaciones irregulares permanentes ya que se utilizan principalmente para segundas viviendas con fines de ocio. Algunos de estos asentamientos han sido afectados por tsunamis durante la última década (la Tabla 3 proporciona detalles de 22 asentamientos). El tsunami del 27 de febrero de 2010 en Chile

por ejemplo, destruyó viviendas y generó la muerte de residentes en Cáhui, Pelluhue, Dichato y Lolleo (Fritz et al., 2011; Contreras et al., 2012; Contreras & Winckler 2013; Iguait et al., 2017; Martínez et al., 2011). De manera similar, el tsunami de campo lejano del 11 de marzo de 2011 (Heidarzadeh & Satake, 2014), afectó cerca de 80 hogares en Puerto Viejo y Dichato (SHOA, 2011), mientras que el tsunami del 16 de septiembre de 2015 afectó al menos 17 hogares en Bahía Carrizalillo (Contreras-López et al., 2016). Los efectos de las marejadas, sin embargo, han sido poco incluidos en la literatura (Carvajal et al., 2017; Winckler et al., 2017).

Región	Asentamiento	Lat. °W	Lon. °S	INE Clas. (a)	Pob. (a)	Viviendas (a)	Pob. en verano (b)	Equivalencia clasificación INE en verano	¿Carta de inundación? (c)	Tsunami destructivo (año)	
Antofagasta	Caleta Urco	21.76	70.15	Caserío	118	533	1,439	Aldea	No		
	Flamenco	26.57	70.68	Caserío	185	678	1,831	Aldea	No		
	Rodillo	26.99	70.78	Caserío	74	632	1,706	Aldea	No		
	Pulpito	27.02	70.801	Caserío	103	1,239	3,345	Pueblo	No		
	Pulpo	27.02	70.807	Caserío	259	1,268	3,424	Pueblo	No		
	Atacama	Bahía Inglesa	27.10	70.85	Aldea	535	1,234	3,332	Pueblo	Si	
		Puerto Viejo	27.33	70.93	Caserío	104	1,420	3,834	Pueblo	No	2011 (d)
		Caleta Barranquilla	27.50	70.88	Caserío	242	1,518	4,099	Pueblo	No	
		Carrizal Bajo	28.08	71.14	Caserío	185	648	1,750	Aldea	No	
		Los Toyos	28.38	71.18	Caserío	48	739	1,995	Aldea	No	
Bahía Carrizalillo	29.11	71.46	Caserío	28	137	370	Aldea	No	2015 (e)		
Coquimbo	Chungungo	29.44	71.30	Caserío	267	384	1,037	Aldea	No		
	Los Molles	32.23	71.51	Aldea	648	1,165	3,146	Pueblo	No		
	Los Quinquelles	32.28	71.47	Aldea	469	1,904	5,141	Ciudad	No		
Valparaíso	Pichicuy	32.34	71.45	Aldea	530	562	1,517	Aldea	No		
	Laguna de Zapallar	32.62	71.42	Aldea	532	1,870	5,049	Ciudad	Si		
	Laguna Verde	33.09	71.66	Pueblo	3,686	4,964	13,403	Ciudad	Si	2015 (f)	
	La Boca	33.92	71.84	Aldea	669	799	2,157	Pueblo	No		
O'Higgins	La Vega de Pupuya	33.98	71.88	Aldea	452	721	1,947	Aldea	No		
	Cáhuil	34.47	72.02	Aldea	633	645	1,742	Aldea	Si	2010 (g)	
Maule	Pelluhue	35.80	72.57	Pueblo	2,824	2,750	7,425	Ciudad	Si	2010 (g)	
Biobío	Dichato	36.54	72.93	Pueblo	4,486	3,125	8,438	Ciudad	Si	2010 (g)	

Tabla 3. Estadísticas de población y vivienda y clasificación de asentamientos costeros en Chile, según el censo de 2017

Fuente: Autores, 2025, en base a (a) INE (2019), (b) la estimación se realiza multiplicando el número de viviendas por el promedio nacional de habitantes por vivienda según INE (2018), (c) SHOA (2017), (d) SHOA (2011), (e) Contreras-López et al. (2016), (f) Carvajal et al. (2017), Winckler et al. (2017), y (g) Fritz et al. (2011).

Nota: La población se estima en la temporada de verano utilizando como proxy el número de viviendas.

Enfoque de esta investigación

El objetivo de este trabajo de investigación es identificar los factores que aumentan la vulnerabilidad física ante inundaciones en el asentamiento costero irregular de Laguna Verde, Chile Central y proponer recomendaciones para el ordenamiento territorial orientadas a aumentar su resiliencia. Este caso se considera representativo de otros asentamientos costeros de la región (Tabla 3).

Caso de estudio

Laguna Verde (33°05'S; 71°35'W) es el asentamiento costero irregular más expuesto de Chile Central, debido a la existencia de viviendas e infraestructura precarias, así como servicios de emergencia, salud y educación ubicados en ZCBA (Contreras-López et al., 2019). La localidad tiene una extensión 90 hectáreas en el límite sur del Área Metropolitana de Valparaíso (GRV, 2013)

y, según el último Censo tiene 1.096 habitantes y 4.964 casas (INE, 2018). Este asentamiento ha mostrado un crecimiento irregular constante en las últimas décadas, explicado en parte por el hecho de que el desarrollo de los Instrumentos de Planificación Territorial (ITP) ha sido más lento que el crecimiento de la población, así como también la ausencia de fiscalización efectiva de su cumplimiento. La zona baja de Laguna Verde (Figura 1) coincide con la zona de inundación del Estero El Sauce, el cual se rebalsa frecuentemente durante fuertes lluvias, marejadas y meteotsunamis como el del 15 de agosto de 2015 (Carvajal et al., 2017), que afectó a cerca de 50 viviendas (Winckler et al., 2017). La desembocadura del estero El Sauce también ha sido intervenida con apropiaciones de terrenos irregulares, restringiendo así el curso natural del agua.



Figura 1. Laguna Verde

Fuente: Autores, 2025, en base a GRV (2013).

Nota: a) Fotografía aérea de Laguna Verde desde una perspectiva suroeste. b) Mapa de Laguna Verde, Valparaíso, Chile, en 2023. Las formas azules denotan edificios, el área sombreada en amarillo representa la zona de amortiguamiento definida en el Plan Regulador Metropolitano de Valparaíso PREMVAl, y la línea gris discontinua muestra el Área Urbana.

METODOLOGÍA

La metodología incluye cuatro aspectos: a) el análisis del crecimiento urbano histórico, tanto regular como irregular, y la ocurrencia de inundaciones previas en Laguna Verde, b) la evaluación de la vulnerabilidad física de los edificios expuestos utilizando el método PTVA-3 (Dall'Osso et al., 2009), c) la aplicación de una encuesta de percepción de seguridad contra inundaciones costeras a los habitantes locales, y d) la revisión crítica de los ITP con el objetivo de proponer criterios de uso del suelo basados en el riesgo de inundaciones en dichos instrumentos.

Análisis de crecimiento urbano e inundaciones

Se utilizaron archivos históricos disponibles en el Municipio de Valparaíso, fotografías de prensa, del Archivo Histórico José Vial Armstrong y de los propios autores, para identificar la evolución del asentamiento desde el siglo XIX hasta el año 2023. También se cartografió la zona costera baja utilizando vuelos de drones y la evidencia fotográfica histórica e imágenes satelitales

disponibles en Google Earth entre 2004 y 2023.

Estudio de vulnerabilidad física

El tsunami de 1730 fue seleccionado como el peor escenario conocido para la zona central de Chile (Udías et al., 2012), ya que supera en gran medida a los terremotos tsunamigénicos más pequeños y otras fuentes de inundaciones registradas en Laguna Verde. Se utilizó la Evaluación de Vulnerabilidad ante Tsunami de Papatoma PTVA-3 (Dall'Osso et al., 2009) para cuantificar las características físicas de los edificios (componentes estructurales, entorno y características de inundación) para el tsunami de 1730 mediante un Índice de Vulnerabilidad Relativa (RVI), el que a la vez se utilizó para evaluar su grado de preparación ante diferentes peligros que afectan a un sitio (Papatoma et al., 2003). Se consideraron 564 edificaciones que cumplen una función residencial, educativa, comercial o de emergencia en el área inundable y se excluyó del análisis la infraestructura asociada a la red vial, los sistemas de alcantarillado, electricidad y casetas de ocupación esporádica. Los resultados se representan en un mapa de vulnerabilidad física.

Evaluación de la percepción de seguridad

La percepción de seguridad se evaluó mediante un cuestionario de 16 preguntas, aplicado a 251 ocupantes de las edificaciones analizadas. Las preguntas se centraron en la percepción de riesgo, características y efectos de inundaciones en viviendas, seguridad y planificación. Las respuestas fueron tabuladas y analizadas estadísticamente.

Análisis de los instrumentos de planificación territorial

Este análisis tuvo como objetivo identificar brechas en términos de reducción de riesgos dentro de la normativa existente. El análisis a escala nacional se basó en la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción OGUC, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo MINVU (MINVU, 2022). A escala metropolitana, el estudio consideró el Plan Regulador Metropolitano de Valparaíso PREVAL, elaborado por el Gobierno Regional de Valparaíso GRV (GRV, 2013). A escala local, el análisis se basó tanto en el Plan de Desarrollo Comunal de Valparaíso PLADECO (IMV, 2020), como en el Plan Regulador Comunal de Valparaíso, PRC (IMV, 2018), ambos desarrollados por la Municipalidad de Valparaíso.

RESULTADOS

Crecimiento urbano histórico y eventos de inundación

Los primeros relatos históricos de Laguna Verde se remontan a finales del siglo XIX, cuando el sitio estaba dividido en 5 porciones territoriales (hijuelas) dedicadas principalmente a la agricultura (OH, 1877). La construcción de la central eléctrica en 1939 propicia un temprano desarrollo en torno al estero El Sauce (IMV, 2017), coincidiendo con la fundación del club social y deportivo. La primera escuela pública se construyó en 1941, mientras que la estación de bomberos se construyó en 1970, lo que evidencia el lento crecimiento del asentamiento. En 1946, el Municipio de Valparaíso aprobó el "Plan L", un proyecto de urbanización destinado a transformar las tierras bajas en un balneario costero (IMV, 2017). El fracaso de este proyecto desencadenó una serie de asentamientos irregulares (tomas) que se han expandido hasta nuestros días. Con la construcción de la vía Valparaíso-Laguna Verde en 1950 se inició una nueva etapa en la ocupación de esta localidad, acortando considerablemente los tiempos de viaje hacia el área metropolitana de Valparaíso, lo que permitiría a los residentes trabajar en los centros urbanos cercanos. La Figura 2 muestra el crecimiento urbano de la zona costera de Laguna Verde entre 1971 y 2023.

Eventos históricos que afectaron a la ciudad de Valparaíso se registraron en los años de El Niño de 1971, 1982, 1983, 1997 y 1998 (Delgado, 2011), provocando inundaciones y daños a edificaciones cercanas a la playa. El evento reciente más significativo corresponde a la tormenta registrada el 8 de agosto de 2015 (Winckler et al., 2017), donde fuerte oleaje y vientos causaron daños en edificaciones, casas destruidas, desprendimiento de techos e inundación de vías en Laguna Verde (Figura 2c). Este evento fue posteriormente clasificado como meteotsunami por Carvajal et al. 2017.

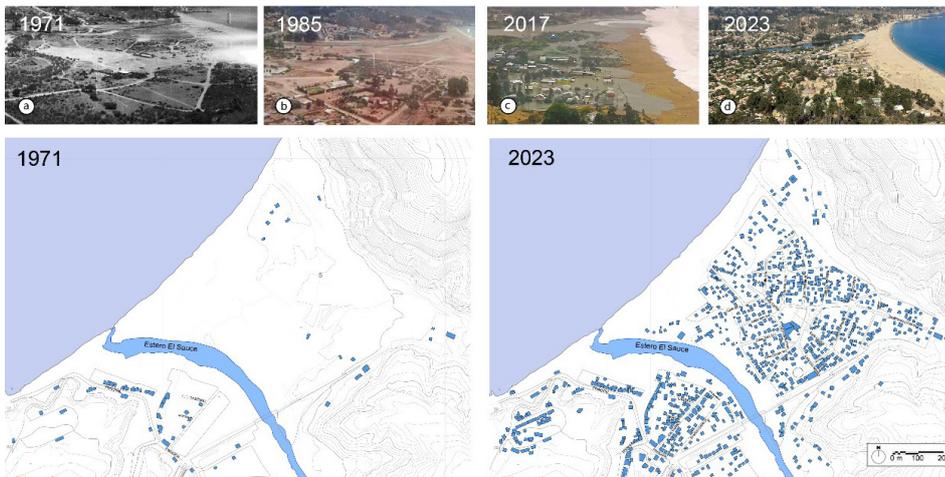


Figura 2. Ocupación histórica en Laguna Verde en las últimas cinco décadas

Fuente: AFJVA (1971); b) Rodrigo Santa María; c) Puranoticia (2015) d) Autores, 2025.

Nota: Las imágenes a), b), c), d) muestran fotografías de 1971, 1985, 2017 y 2023 respectivamente. En los mapas de 1971 y 2023 se representan las edificaciones en formas azules.

Estudio de vulnerabilidad física

La vulnerabilidad física se evaluó aplicando el método PTVA-3 a 564 edificaciones ubicadas en el área de inundación del tsunami que rodea el estero El Sauce (Figura 3a). El 96% de las edificaciones eran viviendas permanentes o segundas viviendas mientras que el 2% correspondía a instalaciones comerciales, de seguridad, sanitarias o eléctricas y escolares. Esta ocupación explica el carácter residencial de la zona, con edificios que muestran un índice RVI relativo muy alto cerca de la costa y del estero El Sauce. La gran diversidad de tipologías edificatorias se explica por los diferentes presupuestos, fecha de construcción, ubicación y proximidad a cuerpos de agua de cada edificación. Predominan las estructuras de un piso (Figura 3b), de dos pisos (Figuras 3d,e) o elevadas (Figuras 3c,f,g) construidas con materiales livianos, como la madera y materiales reciclados.

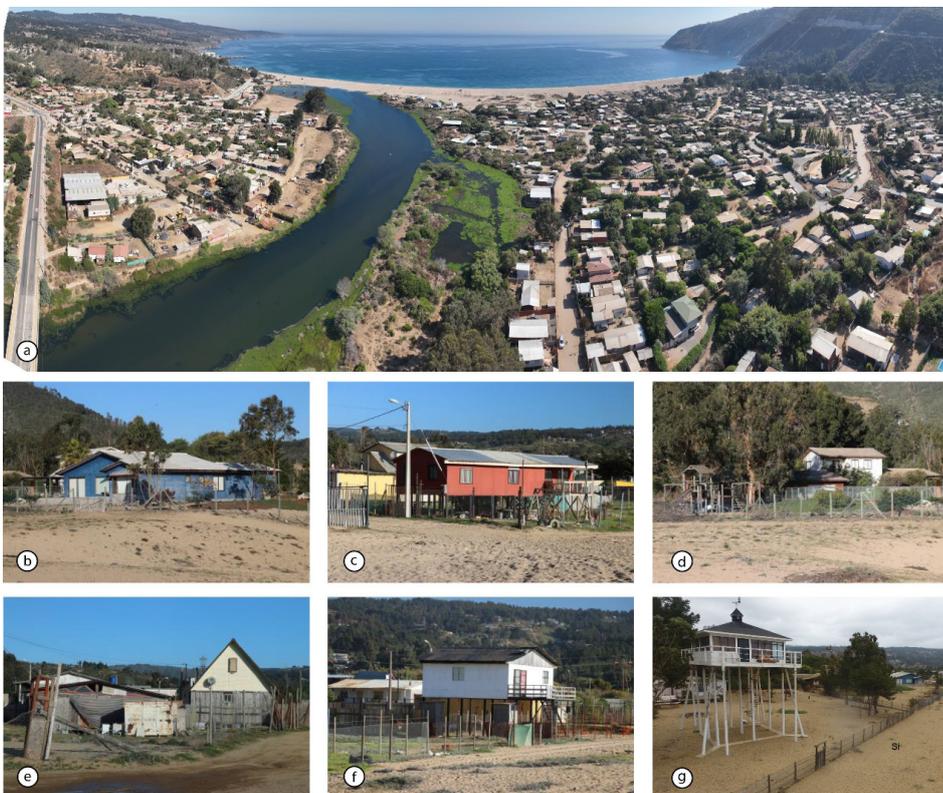


Figura 3. Ocupación del suelo y tipologías de edificación en Laguna Verde

Fuente: Autores, 2025.

Nota: a) Vista aérea panorámica de Laguna Verde. Desde b) a g) Se muestran las principales tipologías de edificaciones registradas en la zona inundable.

Las edificaciones convencionales (no elevadas) ofrecen una alta resistencia hidrodinámica debido a las pocas aberturas en la estructura (Figuras 3b,d,e). Los cimientos son generalmente poco profundos, por lo que son vulnerables a la socavación y fallas debido a inundaciones. Algunas edificaciones se han levantado utilizando estructuras de acero o madera como estructura de soporte en el primer nivel (Figuras 3f,g). Estas edificaciones ofrecen una menor resistencia a las inundaciones, pero su eficacia dependerá de la profundidad del flujo.

En la Figura 4 se observa que el 56,3% de las edificaciones tienen un RVI muy alto, el 8,3% un RVI alto, el 19,7% un RVI medio, el 9,8% un RVI bajo y el 5,9% un RVI muy bajo, correspondiendo este último a edificaciones ubicadas cerca o encima del nivel de inundación de la marejada del 8 de agosto de 2015. Se registró en el área una alta presencia de objetos móviles (por ejemplo, contenedores, escombros, vehículos, tanques de almacenamiento) que podrían impactar los edificios durante un tsunami. Con algunas excepciones, el mantenimiento realizado para restaurar la funcionalidad de los edificios afectados por una inundación fue deficiente y el envejecimiento de los materiales estructurales se ve agravado por la corrosión. Las zonas de amortiguamiento naturales se limitan a la playa, la duna primaria y el humedal costero, que han sido parcialmente invadidos por edificaciones (Figura 1a). No hay defensas costeras en Laguna Verde y sólo unas pocas viviendas tienen muros perimetrales sólidos.

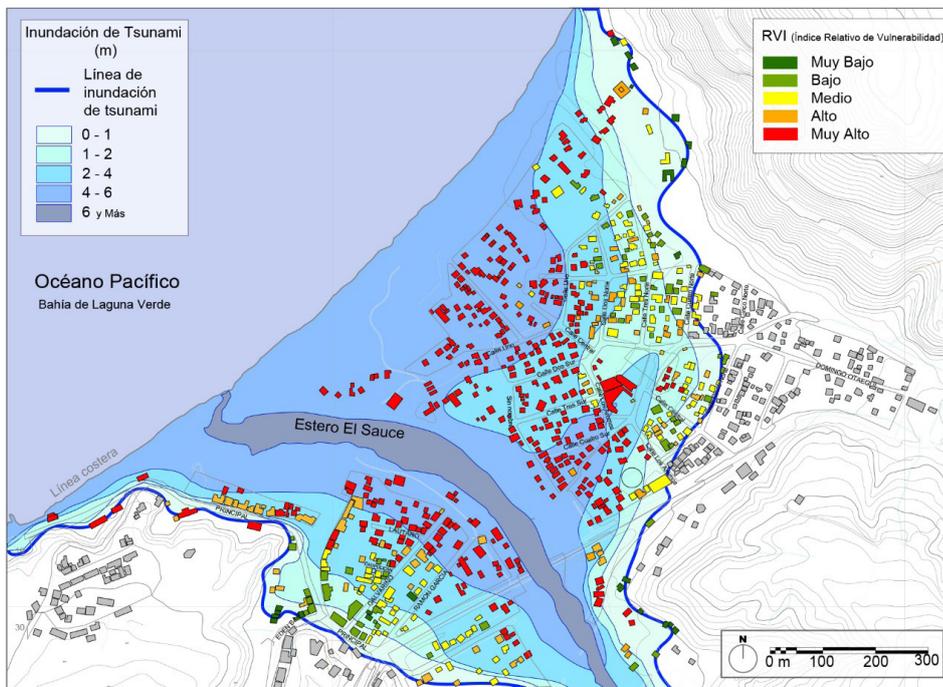


Figura 4. Vulnerabilidad física utilizando el método PTVA-3 en Laguna Verde
Fuente: Autores, 2025.

Evaluación de la percepción de seguridad

La Figura 5 resume las respuestas obtenidas a partir de entrevistas a ocupantes de las edificaciones analizadas, entre los cuales el 73% eran propietarios de viviendas, el 11% arrendatarios y el 16% vivían en casas compartidas con sus propietarios. De los 251 encuestados, el 83% residía en Laguna Verde, mientras que el 17% eran turistas y trabajadores que residían en otros lugares. En cuanto a la percepción de seguridad, el 70% declaró saber que la zona baja en Laguna Verde está en riesgo de inundación; sin embargo, sólo el 32% conocía la Carta de inundaciones por tsunami emitida por SHOA. El 26,6% de los encuestados afirmó que las inundaciones habían afectado sus viviendas debido a marejadas o fuertes lluvias, el 52% de los cuales había incurrido en gastos de reparación de daños y el 31% había reforzado sus viviendas para reducir los impactos de las inundaciones. Aunque un 67% declaró sentirse seguro en sus viviendas, un 33% de los residentes no se sintió seguro ante inundaciones, y sólo un 23% consideró que sus casas pueden resistir un tsunami. Además, el 51% respondió que estaría dispuesto a reubicarse para evitar futuros tsunamis.

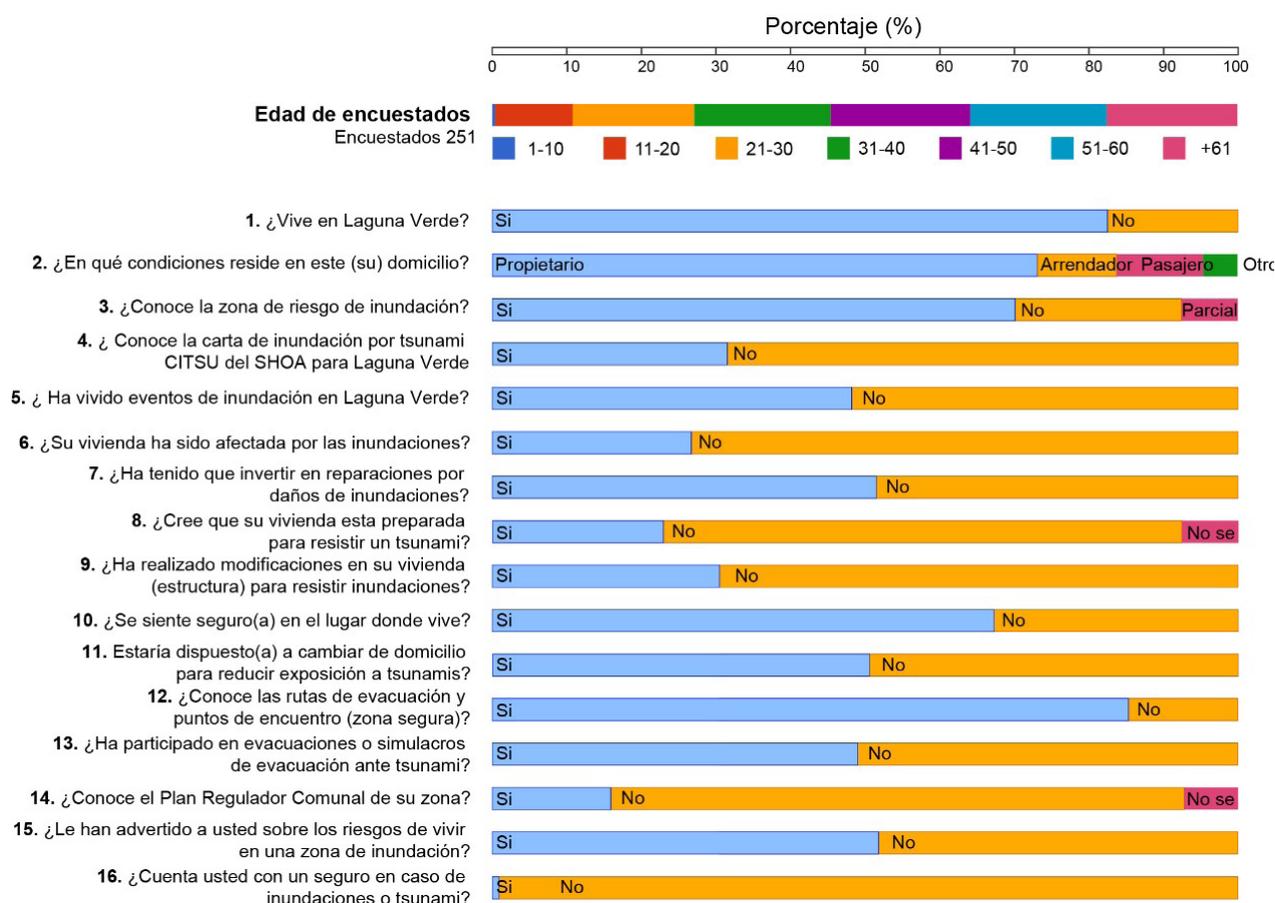


Figura 5. Preguntas y respuestas de la evaluación de la percepción de seguridad en Laguna Verde
Fuente: Autores, 2025.

En el contexto de la preparación y planificación, el 85% de los residentes afirmó conocer las rutas de evacuación y las zonas seguras, mientras que el 49% ha participado en simulacros de evacuación por tsunamis. Sin embargo, sólo el 16% conoce el Plan Regulador Comunal. El 52% de los habitantes declaró haber sido advertidos sobre las consecuencias de vivir en una zona de riesgo por parte de entidades oficiales (Municipalidad de Valparaíso, Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres SENAPRED o la Armada), pero sólo el 1% de los encuestados tiene seguro contra inundaciones.

Análisis de los instrumentos de planificación territorial

El marco regulatorio del ordenamiento territorial en Chile es obligatorio para cualquier edificación nueva, incluidas aquellas ubicadas en una zona de riesgo. El Ministerio de Vivienda y Urbanismo (MINVU), los gobiernos regionales y los municipios desempeñan un papel importante en este marco. La Tabla 4 proporciona un resumen de los IPT para Laguna Verde y su implicancia en la mitigación de inundaciones. A nivel nacional, la OGUC especifica un marco normativo que reconoce zonas no edificables y áreas de riesgo (MINVU, 2022) sin embargo, estas no son conocidas o aplicadas por los residentes, o bien requieren de insumos que no se han desarrollado por parte del municipio, como la definición formal de la zona inundable en el PRC. El artículo 2.1.17 describe las áreas de riesgo (dentro de estas las áreas inundables) donde se limita la construcción de algunos tipos de edificaciones por razones de seguridad. La OGUC afirma que se requieren estudios de riesgo para autorizar construcciones en estas zonas, los cuales no se han realizado en Laguna Verde, tanto por desconocimiento de los residentes, como por la imposibilidad de afrontar el gasto. Además, el Artículo 2.1.18 establece que el PRC debe reconocer las áreas de protección de recursos naturales, incluidos los humedales. Sin embargo, aunque el PREMVAL reconoce el área adyacente al Estero El Sauce como un área potencialmente inundable, actualmente muestra una ocupación irregular, con altos niveles de contaminación del agua y degradación del ecosistema (Rivera et al., 2020). En relación con los tsunamis, la OGUC no proporciona regulaciones que orienten la planificación de áreas propensas a tsunamis, ni restringe directamente el uso dentro de ellas (Herrmann, 2016).

Escala	Instrumento	Función	Restricciones en zonas inundables	Requerimientos en Laguna Verde	¿Se cumplen los requerimientos?
Nacional	OGUC (Ordenanza General de Urbanismo y Construcción)	Regula los procedimientos administrativos, planificación urbana, urbanización, construcción y estándares técnicos.	Autoriza construcciones cuando la solicitud del permiso se acompaña por un estudio de riesgos, elaborado por un especialista y aprobado por el organismo competente.	<ul style="list-style-type: none"> • El PRC debe contar con un estudio de riesgos actualizado. • Se debe solicitar permiso para edificar en zonas de inundación. • Los proyectos deben ser desarrollados por especialista. 	No
Metropolitana	PREMVAL (Plan Regulador Metropolitano de Valparaíso)	Regula el crecimiento demográfico y económico. Define usos de suelo.	Define áreas restringidas al desarrollo urbano. En Laguna Verde reconoce el área inundable contigua al Estero el Sauce.	Restringe edificaciones en una franja de 100m a ambos lados del estero El Sauce.	No
Comunal	PLADECO (Plan de Desarrollo Comunal)	Orienta el Desarrollo para satisfacer las necesidades de la comunidad local y promover su avance social, económico y cultural.	Sugiere el Desarrollo de mapas de riesgo para inundaciones por tsunami o marejada, implementando medidas de seguridad ante estos escenarios.	Reconoce la posibilidad de tsunami y marejadas en la zona baja de Laguna Verde. No entrega restricciones.	No
	PRC (Plan Regulador Comunal)	Orienta y regula el desarrollo urbano de la comuna, estableciendo normas urbanísticas.	Define áreas de riesgo de tsunami y áreas no edificables, basadas en estudios de riesgo y define áreas de conservación de valor natural.	Permite viviendas y equipamientos de 1 a 2 pisos, una subdivisión mínima de propiedad de 500m ² , restringe la altura según OGUC y define normas urbanísticas.	No

Tabla 4. Instrumentos de planificación disponibles para Laguna Verde y su implicancia en la mitigación de inundaciones

Fuente: Autores, 2025, basado en MINVU (2022), GRV (2013), IMV (2018), IMV (2020).

A nivel metropolitano, el PREMVAL reconoce la zona baja de Laguna Verde como “área urbana” (Figura 1b), aunque enfrenta una falta de servicios esenciales (por ejemplo, tratamiento de aguas residuales, pavimentación de caminos, transporte público) los cuales, si están presentes en las áreas urbanas contiguas, como Valparaíso. También identifica una zona de amortiguamiento de 100 m en los lados norte y sur del estero El Sauce (Figuras 1b). Sin embargo, no se consideran las zonas de inundación asociadas a marejadas y tsunamis (GRV, 2013).

A nivel comunal, el PLADECO (IMV, 2020) reconoce el peligro de inundaciones debido a lluvias extremas, tormentas y tsunamis en Laguna Verde. Sin embargo, pasa por alto las restricciones en el uso de suelo y solo menciona la importancia de incluir evaluaciones de riesgos en el proceso de planificación. El PRC tiene la mayor incidencia en el desarrollo de Laguna Verde. El denominado Plan L -explícitamente reconocido en el PRC- se elaboró en 1946 con la intención de destinar la zona baja para un balneario, sin tener en cuenta ningún tipo de riesgo de inundación ni el valor natural del estero de El Sauce. Sin embargo, el trazado del Plan L no fue respetado por los residentes, quienes ocuparon el área originalmente destinada a tales actividades con edificaciones irregulares. El PRC no proporciona otras disposiciones sobre el peligro de tsunami o inundaciones de otra fuente para la zona baja de Laguna Verde.

En general, el marco regulatorio de los IPT a diferentes escalas (nacional, metropolitano y local/municipal) en Laguna Verde no considera ninguna restricción obligatoria específica del uso del suelo ni medidas de mitigación para hacer frente a las diferentes fuentes de amenaza de inundaciones. Este análisis muestra que, a pesar de existir instrumentos y normas de planificación para Laguna Verde, los mismos no son aplicados ni conocidos por los residentes.

DISCUSIÓN

Laguna Verde es un ejemplo de asentamiento costero donde el crecimiento no planificado ha

permitido la proliferación de edificaciones irregulares altamente vulnerables en áreas propensas a inundaciones. Este asentamiento está situado en una zona de alto valor natural, la cual ha sido perturbada con el uso informal, reduciendo así su capacidad de protección natural. Un aspecto notable es la adaptabilidad de las viviendas, muchas de las cuales se han elevado por encima de alturas históricas de inundaciones a pesar de estar en un contexto de informalidad. Estas medidas de adaptación espontáneas han demostrado ser más rápidas que en otras zonas urbanas consolidadas próximas. La funcionalidad perdida tras las inundaciones históricas se ha logrado recuperar rápidamente a partir de actuaciones autogestionadas y, en muchos casos, de la autoconstrucción a partir de materiales ligeros reutilizados. A pesar de no contar con asesoramiento técnico ni subvenciones del Estado para el mejoramiento de viviendas, el asentamiento ha resistido las inundaciones históricas, cambiando en algunos casos la tipología de las edificaciones, desde viviendas con alta exposición a viviendas que se elevan en el mismo terreno para reducir la exposición.

La vulnerabilidad física de las viviendas es heterogénea, ya que han surgido tipologías estructurales con diferentes atributos como respuesta a la topografía y la exposición a inundaciones (ej., materiales de construcción, tipo de cimientos, número de pisos, grado de apertura del primer nivel). La mayoría de las edificaciones vulnerables se emplazan próximas a la costa o a la ribera del estero El Sauce, donde se registra el mayor aumento de edificaciones irregulares. El principal factor de vulnerabilidad se atribuye al uso de materiales livianos (ej., madera, placas de yeso y estructuras livianas de acero), que tienen una resistencia limitada en comparación con otros materiales utilizados en Chile como el hormigón armado y la mampostería reforzada.

De hecho, las curvas de fragilidad elaboradas después del tsunami de Chile de 2010 (Mas et al., 2012) y del este de Japón de 2011 (Suppasri et al., 2013) muestran que, bajo inundaciones de tsunami de profundidad moderada, los edificios hechos de madera o mampostería no reforzada tienen más probabilidades de ser destruidos que los de hormigón armado. En este sentido, el grado de cierre de la edificación, el tipo de componentes estructurales y el tipo de suelo deberían incluirse en futuras evaluaciones de la respuesta hidrodinámica de los edificios elevados en Laguna Verde. Además, las normas internacionales existentes (por ejemplo, FEMA P-55 (FEMA, 2011), ASCE/SEI 7-22 (ASCE/SEI, 2022), ASCE/SEI 24-14 (ASCE/SEI, 2015)) podrían guiar la planificación, ubicación, diseño y construcción tanto de edificaciones nuevas como ya existentes. Desafortunadamente, las edificaciones dentro de la zona de inundación de Laguna Verde no fueron construidas usando tales criterios, un hecho que se refleja en que un porcentaje mayor al 50% de las casas tienen el índice relativo de vulnerabilidad RVI más alto (Figura 4). Esto se explica en parte porque corresponden a segundas viviendas de familias de ingresos medios o bajos que residen en otro lugar. El bajo número de residentes permanentes explica por qué el sitio se clasifica como un pueblo (Tabla 2), cuya población aumenta drásticamente a un valor correspondiente a una ciudad durante el verano, colapsando así los servicios básicos y la infraestructura. Además, los simulacros periódicos y el plan local de evacuación contra tsunamis (SENAPRED, 2023), que incluye rutas de evacuación y áreas seguras ubicadas a 30 m sobre el nivel medio del mar, están diseñados para las condiciones de un pueblo, no una ciudad.

Se reconoce que la ocupación irregular influye mucho en la alta vulnerabilidad de los edificios, ya que las personas en condiciones irregulares no califican para solicitar apoyo gubernamental (es decir, subsidios o asistencia técnica). Aunque un gran número de entrevistados afirman ser propietarios, según funcionarios de la oficina de planificación local, sólo unos pocos residentes tienen un título de propiedad oficial. Además, el bajo número de personas conscientes del PRC (16%) explica en parte la irregularidad de las construcciones. La protección de barreras naturales como el Estero El Sauce y las dunas costeras no está considerada en los IPT. El bajo número de residentes con seguro contra inundaciones se explica porque no pueden contratar seguros ni recibir subsidios estatales sin títulos de propiedad. Finalmente, aunque el 70% de los entrevistados reconoce que su vivienda no resistiría un tsunami, el 67% se siente seguro en ella. Esta inconsistencia se refleja en el 51% que estaría dispuesto a trasladarse a un lugar menos expuesto si se le ofreciera la opción.

La Tabla 5 resume los factores que explican la vulnerabilidad y entrega recomendaciones para mejorar la planificación urbana en Laguna Verde. En la revisión de los instrumentos de planificación existe un marco regulatorio completo que abarca diferentes escalas desde el nivel nacional hasta el comunal. Sin embargo, estos instrumentos no tienen ningún efecto sobre el uso

del suelo de la zona de inundación. El PRC no aborda la amenaza, no establece restricciones para las edificaciones y no toma en consideración la ocupación irregular actual en esta área.

Factores	Contexto - Evidencia	Recomendaciones	Referencias
Falta de Planificación y gestión de riesgo	La población no está familiarizada con los instrumentos de planificación	Involucrar a la población en la elaboración de Instrumentos de Planificación	Haklay et al. (2018)
	Baja participación de la población en los instrumentos de Planificación	Incorporar metodologías participativas para estudios de riesgo en comunidades costeras.	Visconti et al. (2021)
		Promover la participación ciudadana en las políticas de gestión de riesgos	Araujo & Tironi (2019)
Mala calidad de las edificaciones	Altos niveles de Vulnerabilidad física en Laguna Verde	Desarrollar una guía local para la mitigación de inundaciones por tsunamis, incorporando estándares internacionales	Gunarathna et al. (2023)
	Falta de conocimiento de las normas de construcción	Elaboración de un Manual de Autoconstrucción para edificaciones en zonas inundables	MVOT (2010) FEMA (2014)
Baja educación y conocimiento sobre tsunamis e inundaciones costeras	Poco conocimiento sobre la amenaza del Tsunami y sus efectos en las edificaciones	Incorporar programas de educación sobre desastres e inundaciones costeras en las escuelas locales.	Adiyoso & Kanegae (2012)
	Falta de conocimiento de la capacidad de mitigación natural del ecosistema	Promover la preservación del ecosistema mediante la creación de una zona de protección en la barrera natural (arena y vegetación costera)	Poulard et al. (2010)
Falta de seguros contra inundaciones	Salvo excepciones, las casas no tienen seguro debido a la ocupación irregular y precios elevados	Regularizar los títulos de propiedad para permitir que los habitantes accedan a seguros o subsidios gubernamentales	Magigi & Majani (2006)
		Promover seguros asequibles por parte del gobierno para los habitantes de bajos ingresos	Hudson (2018)

Tabla 5. Recomendaciones para mejorar la ocupación del suelo y reducir la vulnerabilidad en Laguna Verde
Fuente: Autores, 2025 en base a varios autores (ver tabla).

Esta investigación da cuenta de la condición dinámica de un sitio constantemente modelado por inundaciones costeras y fluviales, donde se ha asumido una lógica estática en su ocupación. A pesar de la falta de registros sistemáticos de inundaciones costeras o fluviales, la mayoría de los entrevistados recuerdan tales eventos, pero sólo un pequeño número reconoce el área de inundación definida en el PRC y conoce la Carta de inundación por tsunamis oficial (SHOA, 2017). Un alto porcentaje de entrevistados conoce las rutas de evacuación y zona segura, principalmente debido a la preparación que reciben los niños en las escuelas a través de simulacros de evacuación anuales. Laguna Verde es un caso especial ya que, con algunas excepciones, varios sitios no tienen una Carta de inundación por tsunami (Tabla 3) ni incluyen el peligro de tsunami en el PRC.

La incorporación de tipologías de edificaciones adaptadas en Laguna Verde se ha llevado a cabo sin ningún código de construcción oficial y generalmente mediante el uso de materiales ligeros reutilizados. En consecuencia, en este estudio se muestra que el marco de planificación regulatoria es incapaz de impulsar la adaptación a nivel nacional, metropolitano y comunal. Aunque el riesgo de tsunami se ha incorporado en casi 30 PRC de todo el país (27% de los 112 municipios costeros), los esfuerzos han estado impulsados por la voluntad y la preocupación de los municipios. La experiencia posterior al tsunami de Chile de 2010 en algunos municipios es valiosa: en ciudades como Pelluhue, el nuevo PRC restringió los coeficientes de ocupación de suelo y constructibilidad por sitio, lo que desencadenó la construcción de viviendas elevadas (Iguait et al., 2017). Desgraciadamente, la aplicación de las normas de la OGUC depende del criterio y de la experiencia de los municipios, que rara vez está presente. Esta falta de conocimiento y de soluciones de vivienda formales asequibles conduce a la apropiación irregular de la tierra y la autoconstrucción. Además, hoy en día no existen códigos oficiales para edificaciones en zonas de inundación por tsunamis en Chile, y sólo se encuentran disponibles documentos no oficiales, por ejemplo la Nch3363 (INN, 2015).

En resumen, la alta vulnerabilidad física de Laguna Verde puede explicarse por una alta densidad de edificaciones irregulares y una explosiva población flotante en verano, con pocos residentes permanentes; crecimiento urbano en una zona muy cambiante; apropiación irregular de tierras; falta de normas de construcción impuestas por los IPT; edificaciones de materiales

livanos que presentan baja inversión en construcción y mantenimiento; acceso precario a servicios básicos generando problemas de higiene y seguridad; falta de un marco de planificación regulatoria para regular el crecimiento en áreas de recursos de valor natural; planificación de respuesta a emergencias inexistente o inadecuada y, finalmente, adaptación parcial en respuesta a desastres pasados, que se muestra solo en viviendas elevadas, sin integrarse a una estrategia general.

CONCLUSIÓN

Este trabajo proporciona evidencia de las implicancias de la vulnerabilidad física a las inundaciones en la localidad de Laguna Verde, caracterizada por un crecimiento poblacional explosivo y temporal en verano, construcciones precarias y ninguna consideración de los riesgos de inundaciones en la planificación territorial. La mayoría de los residentes se sienten seguros en sus viviendas, aunque algunas inundaciones recientes han causado fuertes impactos en la localidad. El crecimiento urbano irregular dentro de la zona de inundación analizada revela la debilidad de los IPT para regular el crecimiento urbano en la zona costera, lo que lleva a un aumento de la vulnerabilidad física y al deterioro de las viviendas afectadas por inundaciones pasadas. A pesar de las evidencias que revelan el riesgo de inundaciones, este estudio muestra que la mayoría de los residentes no reconocen su condición de irregularidad y se sienten seguros en sus hogares. Se concluye así que la reducción de la vulnerabilidad debe basarse en el fortalecimiento del marco regulatorio de planificación existente, reconociendo las estrategias de adaptación espontánea adoptadas por los lugareños y el uso de códigos de construcción basados en el riesgo. Se deben hacer esfuerzos para fortalecer los IPT involucrando a los habitantes en su diseño e implementación, así como en la regularización del uso de suelo.

En una conclusión más general, los IPT adaptados a los riesgos de las zonas costeras deberán proporcionar criterios simples de diseño de edificaciones para los habitantes considerando las prácticas de autoconstrucción en dichos sitios. La implementación del estándar Nch3363 (INN, 2015) podría contribuir significativamente a la inclusión de criterios de diseño de resiliencia a tsunamis en edificaciones expuestas, tanto existentes como futuras. La adaptación en Laguna Verde debe pensarse en la disponibilidad oportuna de los recursos locales y las particularidades de la geografía y el ecosistema; una estrategia viable sería la preservación del humedal, las riberas de los ríos y las dunas adyacentes para reforzar la mitigación natural. En resumen, se deben intensificar los esfuerzos para reducir la ocupación irregular en zonas de riesgo, otorgar subsidios de vivienda para reubicación, aplicar censos focalizados en verano, definir rutas de evacuación, construir estructuras de mitigación dimensionadas para un escenario de máxima ocupación y proteger los ecosistemas costeros.

AGRADECIMIENTOS

El archivo histórico “José Vial Armstrong”, de la Escuela de Arquitectura y Diseño de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Chile, aportó fotografías históricas de Laguna Verde. Agradecemos a Patricia Araya por apoyar el levantamiento de campo y a Cristián Larraguibel por llevar los datos a SIG.

FINANCIAMIENTO

Este trabajo contó con el apoyo de la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo de Chile, ANID (ANID FONDECYT INICIACIÓN 11200300). Patricio Winckler fue financiado parcialmente por el Centro de Investigación para la Gestión Integrada del Riesgo de Desastres (CIGIDEN), ANID/FONDAP/1523A0009 y por el proyecto FONDEF ID23110078. Estos fondos se utilizaron en la recopilación, análisis e interpretación de datos.

REFERENCIAS

- Adiyoso, W., Kanegae, H., 2012. The effect of different disaster education programs on tsunami preparedness among schoolchildren in Aceh, Indonesia. *Disaster Mitigation of Cultural Heritage and Historic Cities*, 6(1), 165-172.
- AJFVA (Archivo fotográfico José Vial Armstrong), 1971. Laguna Verde en 1971. <https://www.flickr.com/photos/archivo-escuela/4682821037/in/photostream/>
- Araujo, M.E., Tironi, M., 2019. La participación ciudadana en las políticas de gestión del riesgo en América Latina: recomendaciones para el caso chileno. *Serie Policy Papers CIGIDEN*. https://www.cigiden.cl/wp-content/uploads/2020/11/PP_Participacion_vo3.1-ISBN-DIG-1.pdf

- ASCE/SCI (American Society of Civil Engineers), 2015. ASCE/SEI 24-14 Flood Resistant Design and Construction. American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia.
- ASCE/SCI (American Society of Civil Engineers), 2022. ASCE/SEI 7-22 Minimum Design Loads and Associated Criteria for Buildings and Other Structures. American Society of Civil Engineers, Reston, Virginia.
- ATISBA, 2018. Balnearios brujos: Asentamientos irregulares de segunda vivienda – zona norte. http://www.atisba.cl/wp-content/uploads/2018/11/Reporte-Atisba-Monitor_Balnearios-Brujos.pdf
- Barragán, J.M., De Andrés, M., 2016. Expansión urbana en las áreas litorales de América Latina y Caribe. *Revista de Geografía Norte Grande*, (64), 129-149. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022016000200009>
- Birkmann, J., 2006. Indicators and criteria for measuring vulnerability: Theoretical bases and requirements, in: Birkmann, J., (ed), *Measuring vulnerability to natural hazards: towards disaster resilience societies*. United Nations University Press, Tokyo, pp 55-77.
- Calil, J., Reguero, B.G., Zamora, A.R., Losada, I.J., Méndez, F.J., 2017. Comparative coastal risk index (CCRI): a multidisciplinary risk index for Latin America and the Caribbean. *PLoS One*, 12(11), e0187011. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187011>
- Carvajal, M., Contreras-López, M., Winckler, P., Sepúlveda, I., 2017. Meteotsunamis occurring along the southwest coast of South America during an intense storm. *Pure and Applied Geophysics*, 174, 3313-3323. <https://doi.org/10.1007/s00024-017-1584-0>
- Contreras, M., Winckler, P., Urbina, L., 2012. Área de inundación y efectos del tsunami del 27 de febrero de 2010 en la localidad de Lolleo, San Antonio-Chile (33°36.5" S). *Revista Geográfica de Valparaíso*, 46, 69-81.
- Contreras, M., Winckler, P., 2013. Casualties, housing, infrastructure and vessel losses due to the February 27, 2010, Chile tsunami on the central coast of Chile. *Obras y Proyectos*, 14, 6-19.
- Contreras-López, M., Winckler, P., Sepúlveda, I., Andaur-Álvarez, A., Cortés-Molina, F., Guerrero, C.J., Mizobe, C.E., Iguait, F., Breuer, W., Beyá, J.F., Vergara, H., Figueroa-Sterquel, R., 2016. Field Survey of the 2015 Chile Tsunami with Emphasis on Coastal Wetland and Conservation Areas. *Pure and Applied Geophysics*, 173, 349-367. <https://doi.org/10.1007/s00024-015-1235-2>
- Contreras-López, M., Iguait, F., Breuer, W., Zamora, F., 2019. Vulnerabilidad por tsunamis de servicios de emergencia y establecimientos educacionales en el Gran Valparaíso, in: Hidalgo, R., Martínez, C., Henríquez, C., Arenas, F., Rangel-Buitrago, N., Contreras-López, M. (Eds.). *La zona costera en Chile: adaptación y planificación para la resiliencia*. Serie GEOLIBROS. Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago de Chile, pp. 206 – 234.
- Contreras, Y., Neville, L., González, R., 2019. In-formality in access to housing for Latin American migrants: a case study of an intermediate Chilean city. *International Journal of Housing Policy*, 19(3), 411-435. <https://doi.org/10.1080/19491247.2019.1627841>
- Cubelos, C., Kularathna, A., Bruno Valenzuela, V., Iliopoulos, N., Quiroz, M., Yavar, R., Henríquez, P., Bacigalupe, G., Onuki, M., Mikami, T., Cienfuegos, R., Aranguiz, R., Esteban, M., 2019. Understanding Community-Level Flooding Awareness in Remote Coastal Towns in Northern Chile through Community Mapping. *Geosciences*, 9(7), 279. <https://doi.org/10.3390/geosciences9070279>
- Dall'Osso, F., Gonella, M., Gabbianelli, G., Withycombe, G., Dominey-Howes, D., 2009. A revised (PTVA) model for assessing the vulnerability of buildings to tsunami damage, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 9, 1557-1565. <https://doi.org/10.5194/nhess-9-1557-2009>
- De Mattos, C., Fuentes, L., Link, F., 2014. Tendencias recientes del crecimiento metropolitano en Santiago de Chile: ¿Hacia una nueva geografía urbana?. *Revista INVI*, 29(81), 193-219. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-83582014000200006>
- Delgado, S., 2011. Los eventos hidrometeorológicos del siglo XX y sus efectos sobre la ciudad de Valparaíso. Una expansión urbana con consecuencias. *Estudios Hemisféricos y Polares Vol. 2*(3), 98-114.
- Fariña, J.M., Camaño, A., 2012. *Humedales Costeros: Aportes científicos a su gestión sustentable*. Ediciones UC, Santiago de Chile.
- FEMA (Federal Emergency Management Agency), 2011. FEMA P-55 Coastal Construction Manual. https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-08/fema55_voli_combined.pdf
- FEMA (Federal Emergency Management Agency), 2014. FEMA P-312 Homeowner's Guide to

- Retrofitting. Six Ways to Protect Your Home from Flooding. https://www.fema.gov/sites/default/files/2020-08/FEMA_P-312.pdf
- Fritz, H.M., Petroff, C.M., Catalán, P.A., Cienfuegos, R., Winckler, P., Kalligeris, N., Weiss, R., Barrientos, S.E., Meneses, G., Valderas-Bermejo, C., Ebeling, C., Papadopoulos, A., Contreras, M., Almar, R., Domínguez, J.C., Synolakis, C.E., 2011. Field survey of the 27 February 2010 Chile tsunami. *Pure and Applied Geophysics*, 168, 1989–2010. <https://doi.org/10.1007/s00024-011-0283-5>
- Galindo, C., Delgado, J., 2006. Los espacios emergentes de la dinámica rural-urbana. *Problemas del desarrollo*, 37(147), 187–216.
- GRV (Gobierno Regional de Valparaíso), 2013. PREMVAL: Plan Regulador Metropolitano de Valparaíso. <http://www.gorevalparaiso.cl/premval.php>
- Gunarathna, U., Bandara, C. S., Dissanayake, R., & Munasinghe, H. (2023). Tsunami-resilient building guidelines for Sri Lankan coastal belt: a critical review and consolidation based on significant institutional perceptions. *International Journal of Disaster Resilience in the Built Environment*, 14(4), 453–470.
- Haklay, M., Jankowski, P., Zwoliński, Z., 2018. Selected modern methods and tools for public participation in urban planning—a review. *Quaestiones Geographicae*, 37(3), 127–149. <https://doi.org/10.2478/quageo-2018-0030>
- Harman, B.P., Heyenga, S., Taylor, B.M., Fletcher, C.S., 2015. Global lessons for adapting coastal communities to protect against storm surge inundation. *Journal of Coastal Research*, 31(4), 790–801. <https://doi.org/10.2112/JCOASTRES-D-13-00095.1>
- Heidarzadeh, M., Satake, K., 2014. Excitation of Basin-Wide Modes of the Pacific Ocean Following the March 2011 Tohoku Tsunami. *Pure and Applied Geophysics*, 171, 3405–3419. <https://doi.org/10.1007/s00024-013-0731-5>
- Herrmann, G., 2016. Planificación territorial y mitigación de impacto de tsunami en Chile después del 27 Febrero 2010. *Revista De Urbanismo*, (34), 20–33. <https://doi.org/10.5354/ru.voi34.39418>
- Hidalgo, R., Arenas, F., Santana, D., 2016. ¿Utópolis o distópolis?: producción inmobiliaria y metropolización en el litoral central de Chile (1992-2012). *EURE*, 42(126), 27–54. <http://dx.doi.org/10.4067/S0250-71612016000200002>
- Hudson, P., 2018. A comparison of definitions of affordability for flood risk adaption measures: a case study of current and future risk-based flood insurance premiums in Europe. *Mitigation and adaptation strategies for global change*, 23(7), 1019–1038. <https://doi.org/10.1007/s11027-017-9769-5>
- Igualt, F., Breuer, W., Winckler, P., Contreras-López, M., 2017. Rehabilitación de centros urbanos afectados por el Tsunami 2010 en la Comuna de Pelluhue, Chile. *Latin American journal of aquatic research LAJAR*, 45(4), 659–674. <http://dx.doi.org/10.3856/vol45-issue4-fulltext-3>
- Igualt, F., Breuer, W.A., Contreras-López, M., & Martínez, C., 2019. Efectos del cambio climático en la zona urbana turística y costera de Viña del Mar: Levantamiento de daños para una inundación por marejadas y percepción de seguridad. *Revista 180* (44), 120–133. [http://dx.doi.org/10.32995/rev180.num-44.\(2019\).art-626](http://dx.doi.org/10.32995/rev180.num-44.(2019).art-626)
- INE (Instituto Nacional de Estadísticas de Chile), 2018. Síntesis de Resultados Censo 2017. <http://www.censo2017.cl/descargas/home/sintesis-de-resultados-censo2017.pdf>
- INE (Instituto Nacional de Estadísticas de Chile), 2019. Ciudades, Pueblos, Aldeas y Caseríos 2019. https://geoarchivos.ine.cl/File/pub/Cd_Pb_Al_Cs_2019.pdf
- INN (Instituto Nacional de Normalización), 2015. *NCh3363 Diseño estructural - Edificaciones en áreas de riesgo de inundación por tsunami o seiche*. Instituto Nacional de Normalización, Santiago de Chile.
- IMV (Ilustre Municipalidad de Valparaíso), 2017. *Informe de Laguna Verde*. Ilustre Municipalidad Valparaíso, Valparaíso.
- IMV (Ilustre Municipalidad de Valparaíso), 2018. Plan Regulador Comunal Valparaíso PRC. <http://www.munivalpo.cl/repositorio/PRCV/Defaultz.aspx>
- IMV (Ilustre Municipalidad de Valparaíso), 2020. Plan de Desarrollo Comunal de Valparaíso PLADECO. <https://simone.upla.cl/?accion=plan-de-desarrollo-comunal-de-valparaiso-pladeco-2020-2030>.
- Koshimura, S., Shuto, N., 2015. Response to the 2011 great East Japan earthquake and tsunami disaster. *Philosophical Transactions of the Royal Society A*: 373(2053), 20140373. <https://doi.org/10.1098/rsta.2014.0373>

- Magigi, W., Majani, B.B.K., 2006. Community involvement in land regularization for informal settlements in Tanzania: A strategy for enhancing security of tenure in residential neighborhoods. *Habitat international*, 30(4), 1066-1081. <https://doi.org/10.1016/j.habitatint.2005.12.002>
- Martínez, C., Rojas, O., Jaque, E., Quezada, J., Vázquez, D., Belmonte, A., 2011. Efectos territoriales del tsunami del 27 de febrero de 2010 en la costa de la región del Bio-Bío, Chile. *Revista Geográfica de América Central*, 2(47E), 1-16.
- Martínez, C., Winckler, P., Martín, R.A., Acuña, C.E., Torres, I., Contreras-López, M., 2022. Coastal erosion in sandy beaches along a tectonically active coast: The Chile study case. *Progress in Physical Geography: Earth and Environment*, 46(2), 250-271. <https://doi.org/10.1177/03091333211057194>
- Mas, E., Koshimura, S., Suppasri, A., Matsuo, M., Matsuyama, M., Yoshii, T., Jimenez, C., Yamazaki, F., Imamura, F., 2012. Developing Tsunami fragility curves using remote sensing and survey data of the 2010 Chilean Tsunami in Dichato, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 12, 2689-2697. <https://doi.org/10.5194/nhess-12-2689-2012>
- Maturana, F., 2015. ¿Ciudad media o ciudad intermedia? Evolución conceptual y estudio en Chile. En: Maturana, F. y Rojas, A. (Eds), *Ciudades intermedias en Chile. Territorios olvidados*. RIL Editores, Santiago de Chile, pp. 21-42.
- MINVU (Ministerio de Vivienda y Urbanismo de Chile), 2022. Ordenanza General de Urbanismo y construcciones. <https://www.minvu.gob.cl/wp-content/uploads/2019/05/OGUC-Febrero-2022-D.S.-13-D.O.-28-02-2022-PMS.pdf>
- MMA (Ministerio del Medio Ambiente de Chile), 2019. Determinación del riesgo de los impactos del Cambio Climático en las costas de Chile. <https://cambioclimatico.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/04/2019-10-22-Informe-V02-CCCostas-Exposición-Rev1.pdf>
- MVOT (Ministerio de Vivienda y Ordenamiento Territorial de Uruguay), 2010. Manual de Autoconstrucción. <https://www.gub.uy/ministerio-vivienda-ordenamiento-territorial/comunicacion/publicaciones/manual-autoconstruccion>
- Nasiri, H., Mohd Yusof, M.J., Mohammad Ali, T.A., 2016. An overview to flood vulnerability assessment methods. *Sustainable Water Resources Management*, 2, 331-336. <https://doi.org/10.1007/s40899-016-0051-x>
- OH (Oficina Hidrográfica de Chile), 1877. Anuario Hidrográfico de la Marina de Chile. Imprenta de la Librería del Mercurio, Santiago de Chile.
- Papathoma, M., Dominey-Howes, D., Zong, Y., Smith, D., 2003. Assessing tsunami vulnerability, an example from Herakleio, Crete. *Natural Hazards Earth System Sciences*, 3, 377-389. <https://doi.org/10.5194/nhess-3-377-2003>
- Pathak, S., Panta, H.K., Bhandari, T., Paudel, K.P., 2020. Flood vulnerability and its influencing factors. *Natural Hazards*, 104, 2175-2196. <https://doi.org/10.1007/s11069-020-04267-3>
- Pino, A., Ojeda, L., 2013. Ciudad y hábitat informal: Las tomas de terreno y la autoconstrucción en las quebradas de Valparaíso. *Revista INVI*, 28(78), 109-140. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-83582013000200004>
- Poulard, C., Lafont, M., Lenar-Matyas, A., Lapuszek, M., 2010. Flood mitigation designs with respect to river ecosystem functions. A problem oriented conceptual approach. *Ecological Engineering*, 36(1), 69-77. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2009.09.013>
- Puranoticia, 2015. Sector de Laguna Verde en Valparaíso literalmente bajo el agua. <https://puranoticia.pnt.cl/cms/site/artic/20150808/pags/20150808i62758.html>
- Rivera, C., Letelier, J., Acevedo, B., Tobar, T., Torres, C., Cataldo, A.M., Rudolph, A., Rivera, M.A., 2020. Calidad del agua del estero El Sauce, Valparaíso, Chile Central. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 36(2), 261-273. <https://doi.org/10.20937/rica.53465>
- Sandoval, V., & Sarmiento, J.P., 2018. Una mirada desde la gobernanza del riesgo y la resiliencia urbana en América Latina y el Caribe: Los asentamientos informales en la Nueva Agenda Urbana. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres REDER*, 2(1), 38-52. <https://doi.org/10.55467/reder.v2i1.10>
- SENAPRED (Servicio Nacional de Prevención y Respuesta ante Desastres de Chile), 2023. Planos de evacuación Región de Valparaíso. <https://senapred.cl/plan-de-evacuacion-valparaiso/>
- Smith, A., Newing, A., Quinn, N., Martin, D., Cockings, S., Neal, J., 2015. Assessing the impact of seasonal population fluctuation on regional flood risk management. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 4(3), 1118-1141. <https://doi.org/10.3390/ijgi4031118>

- Stathakis, D., Baltas, P., 2018. Seasonal population estimates based on night-time lights. *Computers, Environment and Urban Systems*, 68, 133-141. <https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2017.12.001>
- Suppasri, A., Mas, E., Charvet, I., Gunasekera, R., Imai, K., Fukutani, Y., Abe, Y., Imamura, F., 2013. Building damage characteristics based on surveyed data and fragility curves of the 2011 Great East Japan tsunami. *Natural Hazards*, 66, 319-341. <https://doi.org/10.1007/s11069-012-0487-8>
- SHOA (Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile), 2011. Informe técnico preliminar terremoto y tsunami de Sendai - Japón y sus efectos en Chile - 11 de marzo de 2011. Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile, Valparaíso.
- SHOA (Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile), 2017. Cartas de Inundación por Tsunami (CITSU). <http://www.shoa.cl/php/citsu.php>
- Udías, A., Madariaga, R., Buforn, E., Muñoz, D., Ros, M., 2012. The large Chilean historical earthquakes of 1647, 1657, 1730, and 1751 from contemporary documents. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 102(4), 1639-1653. <https://doi.org/10.1785/0120110289>
- UN (United Nations), 2021. Vulnerability. <https://www.undrr.org/terminology/vulnerability>
- UN-Habitat (United Nations), 2015. *Habitat III Issue Papers 22 – Informal Settlements*. United Nations, New York.
- UNESCO-IHE (Institute for water education), 2021. Flood Vulnerability. <http://www.unesco-ihe-fvi.org/>
- Visconti, C., Carraro, V., Inzunza, S., 2021. Mapeo colectivo como metodología participativa para el estudio de riesgos de la planificación urbana comunal: una propuesta para Chile. Serie Policy Papers CIGIDEN. https://www.cigiden.cl/wp-content/uploads/2021/12/PP_MapeoColectivo_ISBN_DIGITAL-1.pdf
- Winckler, P., Contreras-López, M., Campos-Caba, R., Beyá, J. F., Molina, M., 2017. El temporal del 8 de agosto de 2015 en las regiones de Valparaíso y Coquimbo, Chile Central. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 45(4), 622-648. <http://dx.doi.org/10.3856/vol45-issue4-fulltext-1>
- Winckler, P., Aguirre, C.; Farías, L.; Contreras-López, M., Masotti, I., 2020. Evidence of climate-driven changes on atmospheric, hydrological and oceanographic variables along the Chilean continental coastal zone. *Climatic Change*, 163(2), 633-652. <https://doi.org/10.1007/s10584-020-02805-3>
- Winckler, P., Esparza, C., Mora, J., Melo, O., Bambach, N., Contreras-López, M.; Sactic, M.I., 2022. Impacts in ports on a tectonically active coast for climate-driven projections under the RCP 8.5 scenario: 7 Chilean ports under scrutiny. *Coastal Engineering Journal*, 1-19. <https://doi.org/10.1080/21664250.2022.2088194>
- Winckler, P., Agredano, R., Esparza, C., Melo, O., Sactic, M.I., Martínez, C., 2023. Projections of beach erosion and associated costs in Chile. *Sustainability*, 15(7), 5883. <https://doi.org/10.3390/su15075883>
- Woodruff, S., Vitro, K.A., Bendor, T.K., 2018. GIS and Coastal Vulnerability to Climate Change, in: Huang, B. (Ed.), *Comprehensive Geographic Information Systems*. Elsevier, pp. 236-257. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.09655-X>