

**RESILIENCIA EN CRISIS: EL POTENCIAL ADAPTATIVO DEL HUMEDAL ANTE LA
VULNERABILIDAD SOCIOTERRITORIAL EN ZONAS DE RIESGO COSTERO.
EL CASO DEL HUMEDAL ESTERO EL SAUCE (CHILE)¹****María Paz Sánchez Morales**

Docente de la Facultad de Artes de la Universidad de Playa Ancha, Viña del Mar, Chile.

Enrique Rivadeneira Barrios

Docente de la Escuela de Arquitectura de la Universidad de Valparaíso, Viña del Mar, Chile.

RESUMEN

El presente estudio analiza cómo las características geográficas, ecológicas, geomorfológicas e hidrográficas de los humedales pueden aportar a la mitigación del riesgo en territorios vulnerables a desastres naturales. Su capacidad adaptativa puede fortalecer la resiliencia frente a desastres costeros cada vez más frecuentes, representando una amenaza creciente para las comunidades locales. Como ejemplo, se presenta el caso del Estero El Sauce, en Laguna Verde, Valparaíso, donde se evidencian estas dinámicas. Enfatizando la importancia de protegerlo y conservarlo, se adopta un enfoque metodológico mixto: se realiza un estudio cuantitativo basado en la Carta de Inundación por Tsunami (CITSU), datos del Censo 2017 y Microdatos de Manzanas Indeterminadas del Instituto Nacional de Estadísticas, con la aplicación del método PTVA-3 a las edificaciones en la zona de inundación. También se incorpora la perspectiva de la población residente a través de una encuesta que recoge sus percepciones sobre los daños ocasionados por desastres costeros. Los resultados destacan la importancia crítica de proteger y conservar los humedales, como componentes fundamentales en las estrategias de reducción de riesgo de desastres costeros.

Palabras clave: humedales, riesgo costero, vulnerabilidad, resiliencia, adaptación.

ABSTRACT

This study aims to investigate how the geographical, ecological, geomorphological, and hydrographic attributes of wetlands can effectively contribute to risk mitigation in areas susceptible to coastal disasters. By emphasizing the adaptive capacity of these ecosystems, the paper underscores their potential to strengthen resilience against increasingly frequent coastal hazards, which pose a growing threat to local communities. Estero El Sauce in Laguna Verde (Valparaíso) serves as a case study, illustrating these processes. Adopting a mixed-method approach, the research includes a quantitative component—grounded in the Tsunami Flood Map (CITSU), 2017 Census data, and Indeterminate Block Microdata from the National Institute of Statistics—along with the application of the PTVA-3 method to assess buildings in the identified flood zone. Additionally, the study incorporates local residents perspectives through a survey capturing their perceptions of damage caused by coastal disasters. The findings highlight the critical importance of protecting and conserving wetlands as integral components of disaster risk reduction strategies.

Keywords: wetlands, coastal risk, vulnerability, resilience, adaptation.

¹ El presente artículo cuenta con el apoyo del proyecto Fondecyt Iniciación N° 11200300 "Adaptabilidad de la forma arquitectónica y entorno próximo para edificaciones emplazadas dentro de zonas de riesgo de inundación en la Región de Valparaíso", financiado por la Agencia Nacional de Investigación y Desarrollo (ANID), Chile.

INTRODUCCIÓN

Actualmente, los humedales enfrentan graves amenazas a nivel mundial; en Chile, se ha documentado la pérdida del 62% de humedales costeros (Universidad de Chile, 2018). Estos ecosistemas se consideran particularmente vulnerables por la creciente actividad humana y los efectos adversos del cambio climático (Muñoz-Lobos et al., 2020). Sin embargo, desempeñan un papel fundamental, ya que sostienen ambientes tanto terrestres como acuáticos, albergan biodiversidad y aves migratorias, además de reducir los riesgos de desastres gracias a sus características adaptativas (Hassan et al., 2005).

El presente artículo propone analizar los desastres costeros ocurridos en Laguna Verde durante el periodo 2010-2020, con el objetivo de caracterizar los principales riesgos y explorar posibles estrategias de adaptación que aprovechen las cualidades de los humedales. Para cumplir estos objetivos, se adopta una metodología en tres partes, combinando datos cuantitativos del sector (Carta de Inundación por Tsunami, Censo 2017, Microdatos del INE) con información cualitativa reunida mediante encuestas a los residentes locales. Se complementan con una revisión teórica que sirve de base para la discusión de soluciones, que incluyan barreras naturales como estrategia adaptativa.

MARCO TEÓRICO

Los humedales integrados en el paisaje natural se definen como: “las extensiones de marismas, pantanos y turberas, o superficies cubiertas de aguas, sean éstas de régimen natural o artificial, permanentes o temporales, estancadas o corrientes, dulces, salobres o saladas, incluidas las extensiones de agua marina cuya profundidad en marea baja no exceda de seis metros” (Artículo 1.1 de la Convención de Ramsar, 1982). Estos ecosistemas ofrecen múltiples beneficios tanto para el territorio donde se ubican como para las comunidades que residen en ellos. En primer lugar, actúan como esponjas naturales, absorbiendo las precipitaciones y reduciendo las crecidas de los arroyos y ríos (Ramsar, 2015). Asimismo, contribuyen a combatir la desertificación, es decir, la degradación de suelos áridos y semiáridos.

Un tercer beneficio de los humedales es la provisión de agua dulce, dado que recargan los acuíferos subterráneos. Al mismo tiempo, depuran y filtran los desechos nocivos presentes en el agua, ya que sus plantas y especies marinas retienen contaminantes provenientes de actividades industriales y mineras, incluidos metales pesados y toxinas. Por último, se caracterizan por ser resilientes ante tsunamis y reguladores del clima local, actuando como una defensa natural frente a este tipo de amenazas (Ramsar, 2016), especialmente en el contexto de mayor frecuencia de desastres ocasionados por el cambio climático. En este sentido, Meza et al. (2020) definen el clima como el conjunto de condiciones atmosféricas representativas de cada localidad, resultado tanto de factores físicos de la atmósfera como de atributos geográficos y biológicos del territorio.

Los humedales son también elementos paisajísticos fundamentales para las comunidades circundantes. Watsuji et al. (2016) describen la antropología del paisaje como la unión esencial entre clima y cultura, esto es, la manera en que el entorno natural influye en el estilo de vida de los habitantes a nivel tanto individual como colectivo. Dicha relación po-

sibilita que las personas se descubran a sí mismas en una configuración vital libre (Watsuji et al., 2016). De forma paralela, Moreno (2015) define el paisaje en emergencia como un estado de alerta vinculado a los riesgos que afectan la salud y la vida de las comunidades. Bajo esta perspectiva, es esencial considerar cómo los habitantes de las zonas costeras enfrentan y se preparan ante situaciones de riesgo.

Así, la recuperación de los humedales puede potenciar las cualidades geográficas del territorio, permitiendo que sus pobladores reconozcan y hagan propio este entorno natural en consonancia con su flora y fauna. La inclusión de la comunidad resulta fundamental para el manejo de los humedales (Alibašić, 2025; Velandia-Archila et al., 2023), tanto desde una perspectiva ecológica como cultural. Esto se vincula con el concepto de transducción, planteado por Lefebvre (2013) como “el razonamiento irreductible a la deducción y a la inducción que construye un objeto virtual a partir de informaciones sobre la realidad y de una problemática determinada”. En consecuencia, el humedal se convierte en un espacio de transducción entre el entorno natural y los sectores afectados por desastres costeros.

Por otra parte, la resiliencia, definida por la Real Academia de la Lengua Española (2024) como la “capacidad de adaptación” de un ser vivo frente a un agente perturbador o un estado o situación adversos, es clave en la función que pueden cumplir los humedales. De acuerdo con Martín (2019), “...la resiliencia constituye (...) un proceso (de resistencia, de absorción, de adaptación, y de recuperación). Y esa condición es la que se pretende también reconocer no sólo a las personas o las cosas sino a los sistemas y seres vivos (naturaleza)”.

Este planteamiento coincide con el concepto de adaptación según Walker et al. (2006), quienes lo describen como la capacidad de los actores de gestionar la resiliencia. Por su parte, Walker et al. (2004) ampliaron la noción de resiliencia, para abarcar la capacidad de mantener el funcionamiento de un sistema ante situaciones límites derivadas de desastres siconaturales, mientras que Holling (1973) subrayó la importancia de la resistencia y la estabilidad en este proceso. De hecho, se puede considerar que la resiliencia contrasta directamente con la vulnerabilidad (Magrin, 2015). Ejemplos de ecosistemas naturalmente resilientes son arrecifes, humedales, playas y bahías cerradas, cuyas propiedades brindan protección inicial a la mayoría de sus comunidades costeras. Por consiguiente, la adaptabilidad del territorio requiere de la innovación en términos de conservación, ya que la adaptación al cambio se basa en conservar lo esencial (Caro, 2003).

Dado que los humedales facilitan la disponibilidad de agua dulce para las comunidades, se relacionan íntimamente con la adaptación basada en ecosistemas. Esta considera el uso de la biodiversidad como estrategia de adaptación ante el cambio climático, a través de un manejo sustentable orientado a la conservación y restauración de los ecosistemas para generar servicios ecosistémicos que promuevan la adaptación (Magrin, 2015). Como resultado, los humedales constituyen una notable infraestructura ecológica capaz de favorecer la resiliencia climática de los territorios en los que se insertan. Por ende, potenciar sus cualidades naturales puede otorgarles un rol protagónico en zonas como Laguna Verde, reforzando la adaptación y resiliencia de dichos lugares por medio de soluciones basadas

en la naturaleza. Éstas podrían entenderse como actuaciones que permiten restaurar, proteger y gestionar ecosistemas proporcionando beneficios tanto para la biodiversidad como para las comunidades residentes (Ribas Palom & Saurí Pujol, 2022).

La significancia de abordar estos temas reside en comprender los riesgos que generan eventos climáticos extremos, cada vez más frecuentes y perjudiciales para la población y los ecosistemas. Por ello, se demandan estrategias de adaptación encaminadas a enfrentar las consecuencias potenciales de dichos eventos. Esto se relaciona directamente con la función de los humedales en la mitigación de desastres siconaturales, ya que su adaptabilidad posibilita que el territorio se prepare de manera más efectiva ante estas amenazas. En este sentido, el manejo sustentable para la conservación y restauración de los humedales propiciará servicios ecosistémicos que coadyuven a proteger, fortalecer y mitigar los impactos de los desastres costeros.

EL CASO DE LAGUNA VERDE. HUMEDAL ESTERO EL SAUCE

Laguna Verde se ubica al sur de la comuna de Valparaíso y comprende una bahía con dos zonas principales: el área urbana y la playa. La primera se sitúa en la parte baja de la localidad, alrededor de la desembocadura del Estero El Sauce, configurando una zona residencial dividida por el propio estero. En este sector se presentan dos tipos de vivienda: las del campamento de la termoeléctrica y las que corresponden a sitios aislados (Aranda, 2013). Resulta relevante subrayar que gran parte de Laguna Verde está bajo la cota 30, por lo que permanece expuesta a inundaciones generadas por marejadas y se ubica en una zona de riesgo ante tsunamis. De este modo, la localidad exhibe distintos grados de vulnerabilidad física (Iguait et al., 2023), como ilustra la Figura 1. Parte de esta vulnerabilidad se evidencia en desastres costeros de impacto considerable: en 2015, siete viviendas fueron afectadas por un oleaje que superó ocho metros de altura, quedando destruidas y dejando 22 damnificados (Epicentro Chile, 2015).

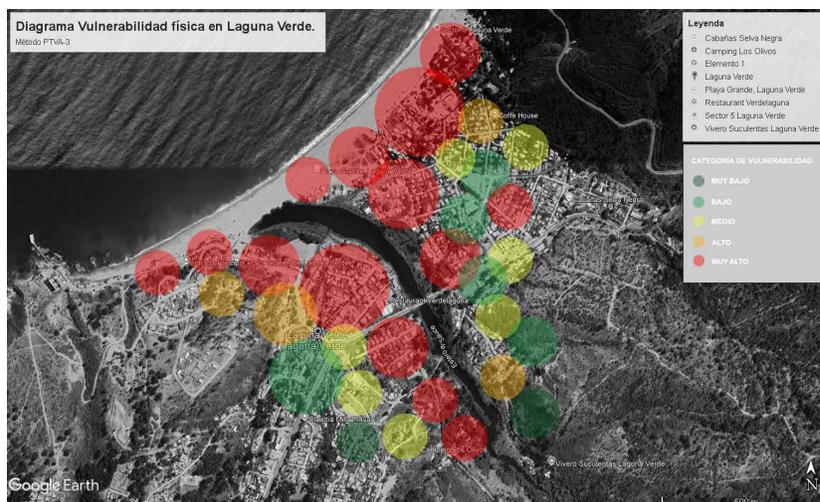


Figura 1. Diagrama de la Vulnerabilidad Física en Laguna Verde, Método PTVA-3, adaptado de Iguait et al. (2023). Fuente: Elaboración propia.

Frente a esta situación debe considerarse el concepto de vulnerabilidad, entendido como las características de una persona o grupo que influyen en su capacidad para anticipar, enfrentar, resistir y recuperarse del impacto de un evento natural extremo (Blaikie et al., 1994). Más aún, se podría afirmar que este sector presenta vulnerabilidad social y territorial, definida como: “la incapacidad de impedir que acontecimientos de diversa índole afecten negativamente las condiciones de vida de la población que habita un territorio determinado, sea por falta o insuficiencia de activos protectores de riesgos como por la falta de condiciones para aprovechar el flujo de oportunidades” (MIDESOL, 2009).

Considerando los beneficios que propician los humedales y los desastres socionaturales ocurridos en Laguna Verde, sumados al hecho de que estos ecosistemas se encuentran amenazados a nivel mundial, se sostiene que la participación comunitaria es fundamental para la recuperación de dichos espacios. En consecuencia, resulta clave estudiar los desastres costeros que ha experimentado el territorio, integrando la visión de la comunidad y su experiencia con estos eventos, para generar información que favorezca tanto la conservación ecosistémica como la resiliencia de las comunidades locales.

Si se toman en cuenta los desastres que han acontecido en Laguna Verde y los beneficios que ofrecen los humedales en términos de adaptación al cambio climático, es factible suponer un insuficiente aprovechamiento de esta infraestructura ecológica dentro de la localidad. Por ello, cobra relevancia incluir su manejo apropiado en la planificación local y fortalecer su vínculo con la comunidad (Velandia-Archila et al., 2023). Así, se refuerza la necesidad de estudiar los desastres socionaturales del área, junto con la experiencia de la comunidad, para proponer medidas que faciliten la conservación ecosistémica y la resiliencia comunitaria.

El Estero El Sauce es un humedal ribereño que alberga una notable biodiversidad, sustentando especies de flora y fauna adaptadas a medios acuáticos, como aves migratorias y peces, como pejerrey y gambusia. No obstante, estas últimas han disminuido debido a la contaminación y alteración del hábitat (Figuerola et al., 2009). La vegetación ribereña, conformada por juncuales y totorales, favorece la estabilización de los suelos y provee refugio a la fauna, mientras que los bosques esclerófilos cercanos reflejan la transición entre el agua dulce y la tierra firme.

El estero forma parte del corredor biológico de la Reserva de la Biosfera La Campana-Peñuelas, facilitando el desplazamiento de especies entre áreas protegidas (Moreira & Salazar, 2014). Geomorfológicamente, se ubica en un valle costero aluvial, donde la dinámica del agua y la deposición de sedimentos generan meandros y zonas de inundación temporal, propiciando hábitats diversos. Además, la cercanía de acantilados y dunas estimula la interacción entre los ecosistemas marinos y terrestres.

En términos hidrológicos, el Estero El Sauce recibe agua de los esteros Las Cenizas y La Luz, con un flujo estacional más elevado en invierno, dado el aumento de precipitaciones en las zonas altas de la cuenca. Históricamente, el estero se ha utilizado para abastecimiento de agua y riego agrícola, pero en la actualidad también sirve para actividades recreativas

(DGA, 2005, citado en Tobar y Torres, 2014). Además, cumple un rol crucial en la regulación hídrica regional, recargando acuíferos y controlando crecidas. Sin embargo, la calidad del agua ha empeorado a causa de residuos agrícolas y vertidos urbanos, afectando a los ecosistemas tanto acuáticos como terrestres (Aranda, 2013 citado en Zúñiga, 2015).

METODOLOGÍA

La metodología propuesta tiene como fin ilustrar la vulnerabilidad socio-territorial presente en la zona y, con base en ello, proponer soluciones basadas en la naturaleza que fortalezcan la adaptación y resiliencia de la comunidad. Para alcanzar estos objetivos, se adoptó un enfoque metodológico mixto, estructurado en tres fases interrelacionadas, que permiten obtener una comprensión integral de la vulnerabilidad del territorio y proponer soluciones adaptativas.

En primera instancia, se llevó a cabo una revisión rigurosa de las manzanas en zona de inundación, utilizando como fuentes los “Microdatos Manzanas Indeterminadas” del Instituto Nacional de Estadísticas (INE, 2021) y los datos del Censo 2017 (INE, 2017). Para definir las zonas de inundación, se emplearon las Cartas de Inundación por Tsunami (CITSU) del Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada (SHOA). Esta información, graficada en la Figura 2, permitió caracterizar la zona de estudio. Dicha etapa tuvo un enfoque principalmente cuantitativo, cuyo objetivo fue mapear las áreas vulnerables a las inundaciones. Se construyeron tablas en Excel y gráficos de la muestra territorial, extrayendo la información de cada manzana en zona de inundación.

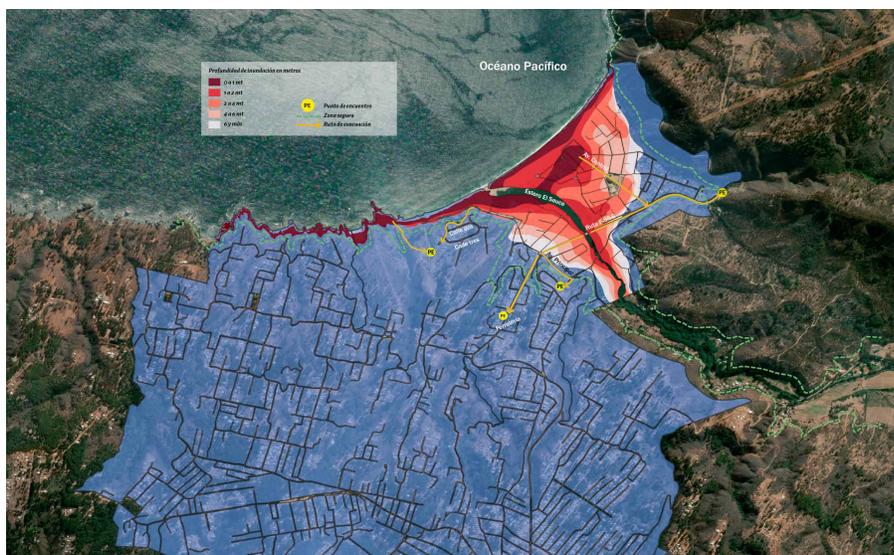


Figura 2. Laguna Verde, Región de Valparaíso. Zonas de inundación según CITSU, Rutas de evacuación. Fuente: Elaboración propia en base a Cartas de Inundación CITSU, Manzanas Indeterminadas (INE, 2021).

Esta información se complementó con la participación de la comunidad residente, a través de una encuesta que permitió recoger sus percepciones y puntos de vista en relación con los riesgos de inundación por tsunami y las posibles soluciones adaptativas. La encuesta, realizada en septiembre de 2021, constó de 22 preguntas divididas en dos formatos: preguntas de alternativas y una pregunta final de dibujo. Su principal objetivo fue complementar los datos cuantitativos sobre la vulnerabilidad socio-territorial con la perspectiva comunitaria, brindando una visión integral que contribuyera a formular propuestas de diseño urbano adaptadas a los desastres naturales costeros.

Las preguntas de alternativas buscaban respuestas cuantificables sobre la vulnerabilidad. A través de este tipo de preguntas, se pretendió medir la conciencia de los residentes acerca de los peligros de inundación, las medidas preventivas que ya están tomando y sus preferencias sobre soluciones adaptativas. Estas respuestas permiten analizar la capacidad de adaptación de la comunidad ante riesgos siconaturales. Por otro lado, la pregunta de dibujo aportó un enfoque más visual y subjetivo, permitiendo a los residentes representar sus ideas y percepciones sobre la vulnerabilidad de su entorno y posibles soluciones.

La aplicación de la encuesta tuvo lugar en la Sede Vecinal de Laguna Verde, lo que facilitó el acercamiento a la comunidad. Se desarrollaron 58 encuestas voluntarias, incluyendo a residentes tanto de la zona alta como de la zona baja de Laguna Verde, reconociendo que presentan diferentes niveles de exposición al riesgo de inundación, y obteniendo así una visión más completa sobre las preocupaciones y necesidades de toda la comunidad, en función de las características geográficas y socioeconómicas de cada zona.

Además, quienes tuvieran dudas sobre los términos o la redacción de las preguntas contaron con la opción de ser guiados por el equipo de investigación, fomentando una mayor comprensión y calidad en las respuestas. Estas fueron anónimas, lo que garantizó datos confiables y favoreció una mayor apertura en la participación.

Finalmente, se estimó la vulnerabilidad física de Laguna Verde mediante la 3ª versión del método Papathoma Tsunami Vulnerability Assessment (Dall'Osso et al., 2009). Este enfoque técnico busca evaluar la vulnerabilidad de las edificaciones ante los riesgos de inundación, considerando los peores escenarios previstos en las Cartas de Inundación por Tsunami (CITSU). Se evaluaron las edificaciones afectadas por inundaciones costeras, tomando en cuenta factores como su proximidad al mar, la altura de las construcciones y la resistencia estructural. Con base en este análisis, se obtuvo un factor de protección (PROT) para cada edificación ubicada en el área inundable, lo que permitió identificar las infraestructuras más vulnerables (viviendas, centros educativos, comercios y servicios de emergencia). Asimismo, se priorizaron intervenciones adaptativas, como la rehabilitación de edificaciones, reubicación o refuerzo estructural, según el nivel de vulnerabilidad determinado. Esta metodología ha sido aplicada con éxito en otras localidades costeras como Concón (Iguait, 2017), respaldando su eficacia y aplicabilidad en el contexto de Laguna Verde.

RESULTADOS

MUESTRA TERRITORIAL EN LAGUNA VERDE

En la parte baja de Laguna Verde residen un total de 1.178 habitantes, predominando aquellos entre 15 y 64 años (Figura 3). En cuanto al acceso a agua potable, se identificaron diferentes fuentes: 102 personas reciben agua de un pozo o noria, 67 dependen de camión aljibe, y 8 recurren a ríos, esteros o lagos. Este dato resulta relevante porque, en conjunto, 177 personas no acceden al agua potable mediante la red pública. Si se considera que, en promedio, una manzana reúne 50 habitantes, esto equivale a alrededor de cuatro manzanas sin acceso a agua potable por red pública. Dicho déficit, sumado a otros factores de vulnerabilidad, refuerza la necesidad de soluciones adaptativas en la infraestructura local.

Por otro lado, el análisis de la vulnerabilidad en términos de materialidad de la vivienda revela que 109 presentan un índice de materialidad recuperable, mientras que 14 exhiben índice irrecuperable, sumando 123 viviendas con alto grado de vulnerabilidad estructural. Estos valores, expresados en la Figura 4, sirven para evaluar la vulnerabilidad de la infraestructura habitacional ante posibles tsunamis u otras catástrofes.

Los datos demográficos empleados para este análisis provienen del Censo 2017 (INE, 2017), y su información resulta clave para contextualizar el nivel de vulnerabilidad en la zona, dado que la carencia de servicios fundamentales incrementa la vulnerabilidad social, especialmente en áreas expuestas a desastres siconaturales. Al combinar estos datos con el análisis del factor de protección, se obtiene una visión más completa de las condiciones de riesgo y vulnerabilidad en Laguna Verde, facilitando así la formulación de propuestas adaptativas que incrementen la seguridad y resiliencia de la comunidad frente a futuros eventos catastróficos.

Población en Zona inundable en Laguna Verde

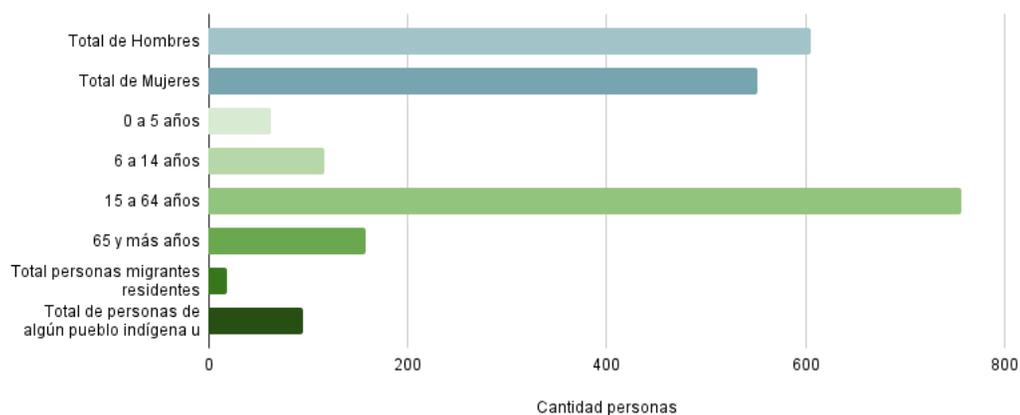


Figura 3. Gráfico población en zona inundable en Laguna Verde. Fuente: Elaboración propia (2021).

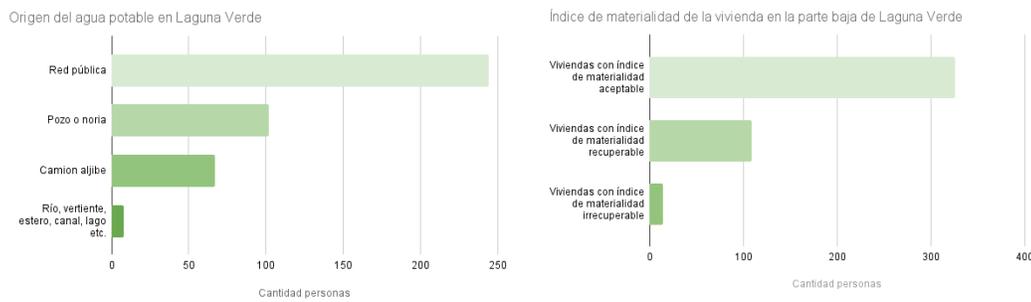


Figura 4. Gráficos origen de agua potable e índice de la materialidad de la vivienda en Laguna Verde. Fuente: Elaboración propia (2021).

ENCUESTA A LOS HABITANTES DE LAGUNA VERDE

La mayoría de los encuestados son residentes; aproximadamente un 74% conocía la ruta de evacuación en caso de inundación, considerando que la parte baja de Laguna Verde (bajo la cota 30) corresponde a zona peligrosa para este tipo de desastres.

El 79% de los participantes afirma que el Estero El Sauce es un humedal, teniendo acceso para poder habitarlo. Lo consideran importante como ecosistema, dado que alberga especies de flora y fauna relevantes (54,4%) y, lamentablemente, perciben una fragilidad ambiental (89%) debido a la contaminación de sus aguas. Por consiguiente, señalan una disminución de aves, flora y fauna costera.

Entre los valores destacados por los encuestados, se subraya la posibilidad de convertirlo en un área verde pública que potencie el barrio (47,5%) y promueva recreación y ocio (45%). Esto se complementa con la capacidad del humedal para mitigar riesgos de inundación (44,6%).

La última pregunta del cuestionario invitaba a diseñar barreras para proteger las viviendas ante posibles inundaciones, combinando elementos naturales y artificiales (Figura 5). Los resultados más señalados fueron:

- Elementos naturales combinados (20,7%)
- No es posible proteger la vivienda con barreras naturales (17,2%)
- Franja de árboles (15,5%)
- Modificación de la planificación urbana (12,1%)

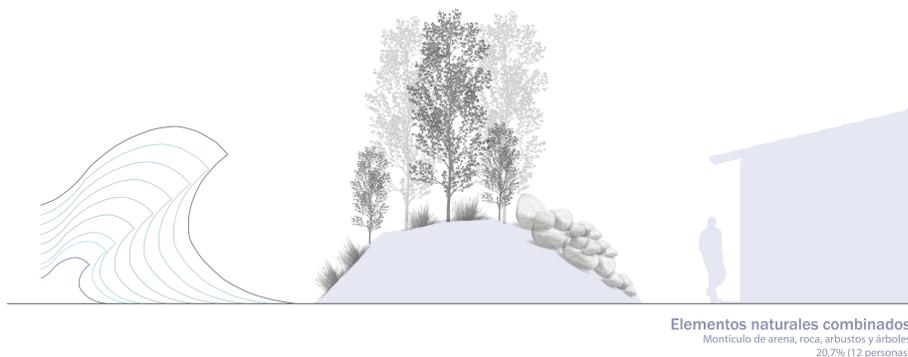


Figura 5.1 Resultados de la pregunta N°22 de la encuesta en Laguna Verde. Fuente: Elaboración propia (2021).



Figura 5.2 Resultados de la pregunta N°22 de la encuesta en Laguna Verde. Fuente: Elaboración propia (2021).

RESULTADOS PTVA-3 Y EL FACTOR DE PROTECCIÓN EN ÁREAS INUNDABLES

En cuanto al factor de protección derivado del método Papathoma Tsunami Vulnerability Assessment (PTVA-3), los valores oscilan entre 0.5 y 1, donde 0.5 indica alta vulnerabilidad y 1 denota el máximo nivel de protección. En Laguna Verde, las zonas más expuestas, principalmente la parte baja de la localidad, muestran un factor de protección inferior a 1, evidenciando alta vulnerabilidad en cuanto a la capacidad de las edificaciones para resistir un tsunami. Este indicador resulta esencial para determinar el nivel de protección de la infraestructura y priorizar intervenciones urgentes que mejoren la resiliencia comunitaria.

Los resultados se detallan a continuación:

En la fila de edificación (Figura 6):

- Factor protección 1: 113 viviendas ubicadas en primera línea de costa, dentro del área de inundación.
- Factor protección 0.75: 117 viviendas entre segunda y tercera línea en la costa, dentro del área de inundación.
- Factor protección 0.5: 109 viviendas en la cuarta a sexta línea de la costa, dentro del área de inundación.

En la protección natural (Figura 7):

- Factor protección 1: 112 viviendas sin protección natural en la costa, dentro del área de inundación.
- Factor protección 0.75: 195 viviendas con protección natural moderada en la costa, dentro del área de inundación.
- Factor protección 0.5: 122 viviendas con protección natural promedio, también en la costa inundable.

Analizando ambos valores, se determina que 113 viviendas ocupan la primera línea de costa, en alto riesgo de inundación; de éstas, 112 carecen de protección natural, lo que agudiza su vulnerabilidad. A su vez, 195 viviendas poseen protección natural moderada, mientras que 122 cuentan con protección promedio, indicando que una parte importante de la población aún carece de medidas suficientes para mitigar riesgos de inundación.

En síntesis, la combinación de estas condiciones estructurales y la exposición a riesgos ambientales sugiere que las viviendas más vulnerables no solo carecen de servicios básicos (como agua potable), sino que también se hallan expuestas a situaciones de riesgo extremo. Aquellas en primera línea de costa y las que presentan un índice de materialidad irrecuperable son particularmente propensas a sufrir daños graves ante inundaciones u otros desastres naturales.

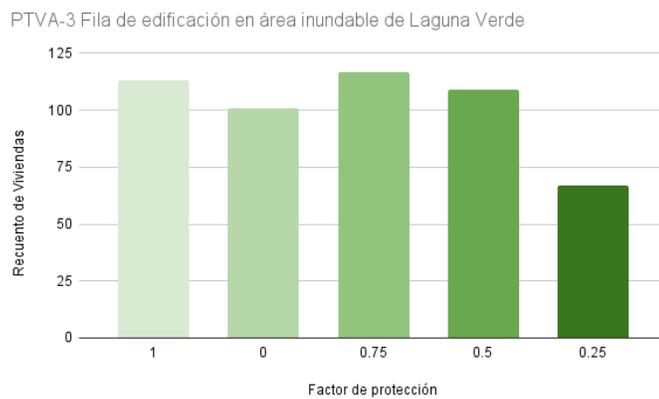


Figura 6. Gráfico Fila de edificación | PTVA-3 en Laguna Verde. Fuente: Elaboración propia (2021).

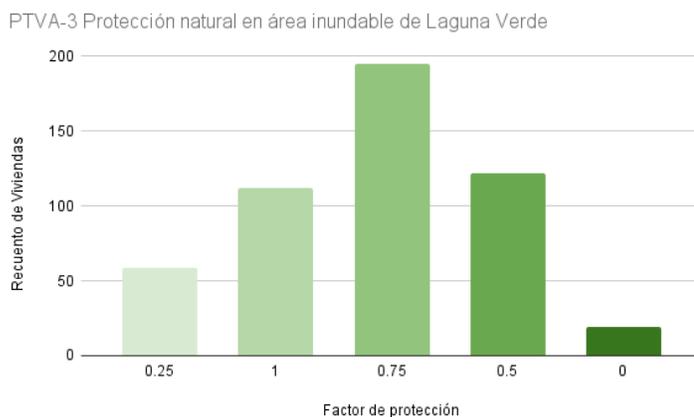


Figura 7. Gráfico Protección natural | PTVA-3 en Laguna Verde. Fuente: Elaboración propia (2021).

DISCUSIONES Y RECOMENDACIONES

Es crucial proyectar barreras naturales en el espacio público, apoyándose en estándares internacionales, pues Chile carece de una guía técnica específica para este tipo de intervenciones. Dicha estrategia mejoraría los diseños de soluciones basadas en la naturaleza en localidades con riesgos costeros. Un ejemplo se encuentra en Japón, donde se establecen barreras de pino con al menos 200 metros de ancho y una altura de especies bajo las copas inferior a 3 metros (GFDRR, n.d.). El ancho de un bosque costero es fundamental para

mitigar el riesgo de tsunamis, ya que no lo previene, pero sí reduce su energía. Los bosques deben ser jóvenes, con árboles de al menos 12 metros de altura, y una alta densidad forestal para maximizar la mitigación (Forbes & Broadhead, 2007).

El caso de Laguna Verde evidencia la necesidad de diseñar ciudades con bosques costeros que superen la profundidad de inundación definida por la carta CITSU, disminuyendo los efectos en materiales deficientes. Aunque aún queda mucho por hacer en cuanto a la protección legal de los humedales (Galilea Salvador & Medel Rodríguez, 2024; Guerra-Schleef & Lara-Sutulov, 2023; Valenzuela, 2021), su consideración como infraestructuras ecológicas resulta relevante para mitigar riesgos costeros. La Ley 21.202 sobre humedales urbanos y su reglamento establecen criterios claros para reconocer estos cuerpos de agua como elementos de protección (Ministerio del Medio Ambiente, 2020).

Adoptar estas medidas permitiría restringir la ocupación informal en la zona baja de Laguna Verde, reubicando viviendas en áreas seguras y evitando la expansión de asentamientos informales que amenazan el ecosistema y exponen al riesgo a la comunidad (González Angarita et al., 2022).

CONCLUSIONES

Se concluye que Laguna Verde es un asentamiento vulnerable, debido a la frecuente ocurrencia de desastres siconaturales, como marejadas e inundaciones, y la presencia de viviendas informales en la zona inundable. El estudio evidencia que no existe un lugar óptimo para refugiarse, ni una zona segura de uso público ante el riesgo de inundación en la parte baja. Por lo tanto, evacuar en condiciones precarias, sumado a la presencia de adultos mayores y las dificultades de movilidad propias de la edad, torna la evacuación potencialmente peligrosa.

El Estero El Sauce surge como una potencial infraestructura ecológica que ayuda a reducir la vulnerabilidad de la localidad, al atravesar la zona habitada, desembocar en el mar y asociarse a un bosque costero. Estos tres elementos fomentan la adaptación mediante soluciones basadas en la naturaleza, aprovechando las cualidades geográficas, hidrológicas y ecosistémicas de los humedales costeros. Asimismo, dichas soluciones podrían transformarse en un área verde para la localidad, mejorando la relación de la comunidad con el cuerpo de agua, aportando a la identidad local y dotando de más espacios públicos a Laguna Verde. Un tercer beneficio consiste en disminuir el riesgo para las viviendas, tanto por la mejora en las condiciones de evacuación como por la reducción de asentamientos informales cercanos a la primera línea de inundación.

Dado este panorama, la protección del humedal se perfila como el primer paso necesario, ya que es un ecosistema también afectado, especialmente en el agua, debido a la contaminación por coliformes fecales, nutrientes, metales y un alto nivel de salinidad. Sin embargo, dada la naturaleza de los humedales, y en particular en este caso, se observa una gran resiliencia ante contaminación y ante desastres siconaturales.

A su vez, cabe señalar que tanto la percepción comunitaria como la revisión bibliográfica apuntan a que una barrera mixta, que integre elementos naturales y artificiales, podría mitigar los riesgos de inundación. A esto se suma la alta aprobación de la población encuestada en torno a una intervención que incorpore dicha barrera.

Por lo tanto, se propone que este ecosistema sea clave en la resiliencia y adaptabilidad, tanto del entorno natural como de la comunidad, frente a las amenazas latentes en el territorio. Con tal fin, resulta esencial desarrollar un espacio público verde integrado en el humedal, donde bosques costeros con árboles de la zona se combinen con elementos estructurales que favorezcan la mitigación del riesgo de inundación.

Ofrecer la posibilidad de habitar el humedal permitiría brindar un lugar de recreación y ocio, según lo revelado por la encuesta, cumpliendo así una doble función: actuar como barrera mixta ante riesgos costeros y proveer un espacio de uso público.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alibašić, H. (2025). Enhancing Local Resilience to Climate Change: A Comparative Assessment of the Resilient Florida Grants and New York State Climate Smart Communities Programs. *International Journal of Climate Change: Impacts and Responses*, 17(1), 83–106. <https://doi.org/10.18848/1835-7156/CGP/v17i01/83-106>
-
- Aranda, C. (2013). Plan maestro de recualificación sostenible en Laguna Verde. Tesis de Licenciatura. Facultad de Arquitectura y Urbanismo, Universidad de Chile. Santiago, Chile, 50 pp.
-
- Blaikie, P., Davis, I., Cannon, T., & Wisner, B. (1994). *At Risk: Natural Hazards, People Vulnerability and Disasters* 1st edition. Retrieved April 15, 2021, from https://www.researchgate.net/publication/270588923_At_Risk_Natural_Hazards_People_Vulnerability_and_Disasters_1st_edition
-
- Caro, E. (2003). La vulnerabilidad social como enfoque de análisis de la política de asistencia social para la población adulta mayor en México. Simposio Viejos y viejas participación, ciudadanía e inclusión social. Santiago, Chile.
-
- 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. *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 9(5), 1557–1565.
-
- DGA. (2005). Informe técnico evaluación de los recursos subterráneos de las cuencas costeras de la Quinta Región. Informe de actualización. Serie de Documentos Técnicos S.D.T. N° 201. Dirección General de Aguas, Ministerio de Obras Públicas. Santiago, Chile, 93 pp.
-
- Epicentro Chile. (2015). Quintero y Laguna Verde son los sectores más dañados por fuerte oleaje. Epicentro Chile. <https://www.epicentrochile.com/2015/08/08/quintero-y-laguna-verde-son-los-sectores-mas-danados-por-las-marejadas/>
-
- Figueroa, R., Suárez, M.L., Andreu, A., Ruiz, V.H., & Vidal Abarca, M.R. (2009). Caracterización ecológica de humedales de la zona semiárida en Chile central. *Gayana*, 73(1), 76–94. DOI: 10.4067/S0717-65382009000100011
-
- Forbes, K., & Broadhead, J. (2007). El papel de los bosques costeros en la mitigación de impactos del tsunami.
-
- Fortes Martín, A. (2019). La resiliencia ambiental y el (re)posicionamiento del derecho ante una nueva era sostenible de obligada adaptación al cambio. *Actualidad Jurídica Ambiental*, 92, 1, 3. https://www.actualidadjuridicaambiental.com/wp-content/uploads/2019/06/2019_07_01_Fortes_Resiliencia-ambiental.pdf
-

Galilea Salvador, I., & Medel Rodríguez, J. (2024). Applying criteria of the Chilean Urban Wetlands Law to the city of Coronel (Chile), reveals larger wetland coverage as previously thought. *Revista Cartografica*, 2024-September(109), 121-134. <https://doi.org/10.35424/rcarto.i109.4908>

GFDRR. (n.d.). Cinturones verdes y Gestión de riesgos costeros. 1-10.

González Angarita, G., Henríquez, C., Angulo, D. P., Castro Álvarez, D., & Buitrago, G. F. (2022). Geomatic techniques to analyze the loss of urban wetlands in Bogotá. What role do illegal settlements play? *Revista de Geografía Norte Grande*, 81, 207-233.

Guerra-Schleef, F. & Lara-Sutulov, M. (2023). Geografías legales de los humedales en Chile: Aproximaciones desde tres casos de estudio. *Revista de geografía Norte Grande*, (86). <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-34022023000300108>

Hassan, R., Scholes, R., & Ash, N. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Current State and Trends. Findings of the condition and trends working group of the Millennium Ecosystem Assessment*. Washington, DC: Island Press.

Holling, C. S. (1973). Resilience and Stability of Ecological Systems. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 4, 1-23.

Igualt, F. (2017). Evaluación de vulnerabilidad física y adaptabilidad post-tsunami en Concón, zona central de Chile. *Revista AUS*, 22, 53-58.

Igualt, F., Breuer, W., Winckler, P., & Contreras-López, M. (2023). Assessing Flood Vulnerability in the Irregular Coastal Settlement of Laguna Verde, Central Chile. Disponible en SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4519974> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4519974>

Instituto Nacional de Estadísticas [INE]. (2017). Síntesis de Resultados. CENSO 2017. Recuperado de <http://www.censo2017.cl/descargas/home/sintesis-de-resultados-censo2017.pdf>.

Lefebvre, H., Martínez Lorea, I., & Martínez Gutiérrez, E. (2013). *La Producción del espacio*. Madrid: Capitán Swing.

Magrin, G. (2015). Adaptación al cambio climático en América Latina y el Caribe. Euroclima. https://www.cepal.org/sites/default/files/publication/files/39842/S1501318_es.pdf

Meza, F., Morales, D., González, D., Duarte, K., Jara, V., & Saldaña, P. (2020). Informe Proyecto ARCLim: Agricultura. Centro de Cambio Global UC coordinado por Centro Informe Proyecto ARCLIM Atlas de Riesgo Climático - Chile de Ciencia del Clima y la Resiliencia y Centro de Cambio Global UC para el Ministerio del Medio Ambiente a través de La Deutsche Gesellschaft für Internationale Zusammenarbeit.

Ministerio de Desarrollo Social (MIDESOL). (2009). Definición y recomendaciones de política. Proyecto Vulnerabilidad Social Territorial. Concepto, indicadores y gestión territorial en el marco del Sistema de Protección Social. Gobierno de Chile. Santiago, Chile.

Ministerio del Medio Ambiente. (2020). Decreto 15 establece reglamento de la Ley No 21.202, que modifica diversos cuerpos legales con el objetivo de proteger los humedales urbanos.

Moreno Flores, O. (2015). Paisajes en emergencia: transformación, adaptación, resiliencia. *Revista INVI*, 30(83), 9-17. <https://revistainvi.uchile.cl/index.php/INVI/article/view/62699/66548>

Moreira-Muñoz, A., & Salazar, A. (2014). Reserva de la Biosfera La Campana-Peñuelas: micro-región modelo para la planificación del desarrollo regional sustentable. Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile, Instituto Interdisciplinario de Investigación sobre la montaña, Academia de Ciencias Austríacas. Santiago, Chile, pp. 106-122.

Muñoz-Lobos, C., Vásquez, A., & Cortés-Donoso, E. (2020). El rol de los gobiernos locales en la gobernanza de protección de humedales. El caso del Humedal de Pichicuy, Chile. *Urbano*, 23(42), 98-111. <https://doi.org/10.22320/07183607.2020.23.42.08>

Ramsar. (1982). Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas. https://www.ramsar.org/sites/default/files/documents/library/current_convention_s.pdf

Ramsar, C. (2015). Humedales: ¿por qué cuidarlos? <https://humedaleschile.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2017/10/Ficha-Ramsar-Humedales-Que-cuidarlos.pdf>

Ramsar, C. (2016). Humedales: una protección natural frente a los desastres. https://www.ramsar.org/sites/default/files/fs_9_drr_esp_30j.pdf

Real Academia Española (2024) Diccionario de la lengua española, 23.ª ed., [versión 23.8 en línea]. <https://dle.rae.es>. Consultado por última vez el 12 de octubre de 2024.

Ribas Palom, A., & Saurí Pujol, D. (2022). Las soluciones basadas en la naturaleza como estrategias en la gestión del riesgo de inundación. Cuadernos De Geografía De La Universitat De València, (108-9), 819–832. <https://doi.org/10.7203/CGUV.108-9.23829>

Tobar, T., & Torres, C. L. (2014). Evaluación de la calidad del agua del estero El Sauce, Laguna Verde: Impacto y Consecuencias. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Playa Ancha. Valparaíso, Chile, 175 pp.

Universidad de Chile. (2018). Informe país Estado del Medio Ambiente 2018. Santiago: Gobierno de Chile, Comisión Nacional del Medio Ambiente.

Valenzuela, C. J. (2021). Commentaries to Law 21.202 which modifies several legal bodies, with the purpose of protecting urban wetlands. Revista de Derecho Ambiental (Chile), 15(15), 123–144. <https://doi.org/10.5354/0719-4633.2021.57711>

Velandia-Archila, A. V., Pedraza-Jiménez, O. Y., & Valderrama, D. A. (2023). Key Stakeholder Mapping in the El Recreacional Wetland Community in Tunja, Boyacá. Revista Luna Azul, 53(1), 99–124. <https://doi.org/10.17151/luaz.2023.56.7>

Walker, B., Gunderson, L., Kinzig, A., Folke, C., Carpenter, S., & Schultz, L. (2006). A handful of heuristics and some propositions for understanding resilience in social-ecological systems. *Ecology and Society*, 11(1). <https://doi.org/10.5751/ES-01530-110113>

Walker, B., Holling, C. S., Carpenter, S. R., & Kinzig, A. (2004). Resilience, adaptability and transformability in social–ecological systems. *Ecology and Society*, 9(2), p. 5.

Watsuji, T., Masiá Clavel, J., & Mataix, A. (2016). Antropología del paisaje. Salamanca, España: Ediciones Sígueme.

Zúñiga, M. (2015). Caracterización de la vulnerabilidad socio territorial en el área rural, forestal y de expansión urbana de Laguna Verde, Valparaíso. Tesis de Licenciatura. Departamento de Geografía, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad de Playa Ancha. Valparaíso, Chile, 162 pp.
