



UNIVERSIDAD
DE CONCEPCION

Dirección de Postgrado

Trabajo Final Integrativo para optar al Grado de MAGISTER EN PROCESOS URBANOS SOSTENIBLES



Facultad de Arquitectura, Urbanismo y Geografía

Integrando el paisaje, implementación de Infraestructura verde para mitigación de riesgos en caletas vulnerables de Talcahuano

Área de desarrollo del Programa: Proyecto Urbano

Candidato: Matias Valentin Carrasco Jara

Prof. Guía de Tesis: Doctora María Dolores Muñoz Rebolledo

Profesor Co-Guía de Tesis:

CONCEPCIÓN, 22- de -Noviembre- de -2024
2025© Matias Valentin Carrasco Jara

-
- a) Ninguna parte de este Trabajo puede reproducirse o transmitirse bajo ninguna forma o por ningún medio o procedimiento, sin permiso por escrito del autor.
 - b) b) Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento.

Agradecimientos

Quiero expresar mi más sincero agradecimiento a mi profesora guía la Doctora María Dolores Muñoz, quien guion cada etapa de este trabajo final integrativo, ayudándome a ordenar mis ideas con su experiencia y conocimiento.

Agradezco profundamente a la directiva de la junta de vecinos N°16 El Morro, por facilitarme el acceso a su comunidad, especialmente a la presidenta de esta Cecilia Vallejos por ponerme en contacto con las diferentes asociaciones de esta caleta y por facilitarme el acceso a su sede comunitaria. De igual manera, agradezco la buena disposición y trato del personal administrativo del MAPRUS, en especial a la secretaria Jenny Palma y al personal de bibliotecas FAUG, Amelia y Franco, por su flexibilidad y disposición.

Finalmente, quiero dedicar un especial agradecimiento a mi familia por su apoyo, acompañándome a visitas a terreno. Y a mi pareja por siempre estar ahí cuando la necesito tanto emocional como académicamente.

1. 5

2. 5

1 7

2 9

3 11

4 14

5 15

6 16

7 22

8 28

9 30

10 44

11 49

12 51

13 57

1. RESUMEN

La investigación aborda cómo compatibilizar la vida en caletas pesqueras con los riesgos de desastres naturales costeros, como tsunamis y marejadas. Estos asentamientos dedicados a la pesca artesanal enfrentan una alta vulnerabilidad debido a su ubicación geográfica y dependencia del mar. A pesar de los riesgos, las caletas son espacios de gran valor cultural, social y económico para los pescadores, quienes tienen una estrecha relación con el mar, lo que define su identidad y forma de vida. El estudio se enfoca en la caleta de El Morro, en Talcahuano, Chile, ciudad históricamente afectada por desastres naturales, como el terremoto y tsunami de 2010.

El trabajo propone la integración de elementos naturales, como humedales y dunas a sistemas de infraestructuras verde buscando mitigar los efectos de los desastres naturales. Estos elementos ofrecen servicios ecosistémicos de regulación actuando como barreras naturales que protegen a las caletas. La investigación utiliza entrevistas y cartografías colaborativas con pescadores y habitantes, con el fin de entender que espacios de importancia identitaria, económica y cultural reconocen en la caleta.

Durante el desarrollo de la investigación se llega el hallazgo clave de la posibilidad de integración de los bosques de macroalgas en sistemas de infraestructura verde, lo que no solo ayuda a mitigar los riesgos de catástrofes costeras, sino que también refuerza la identidad local y ofrece beneficios económicos a través de la acuicultura. Mediante este hallazgo se propone que los sistemas de infraestructura verde pueden ser usados más que para mitigar sino también como espacios para potenciar la identidad y economía local.

La investigación ratifica la hipótesis de que los elementos naturales del paisaje pueden ser utilizados para desarrollar soluciones de mitigación conservando la identidad local. Se propone aplicar estas estrategias a otros proyectos urbanos, como los asociados al desarrollo sostenible de las caletas pesqueras, equilibrando las tensiones entre la extracción pesquera, ambiente y turismo.

Palabras clave: caleta, identidad, servicios ecosistémicos, infraestructura verde.

2. ABSTRACT:

The research addresses how to make life in fishing coves compatible with the risks of coastal natural disasters, such as tsunamis and storm surges. These settlements dedicated to artisanal fishing face high vulnerability due to their geographic location and dependence on the sea. Despite the risks, the coves are spaces of great cultural, social, and economic value for fishermen, who have a close relationship with the sea, which defines their identity and way of life. The study focuses on the El Morro cove, in Talcahuano, Chile, a city historically affected by natural disasters, such as the earthquake and tsunami of 2010.

The work proposes the integration of natural elements, such as wetlands and dunes, into green infrastructure systems looking to mitigate the effects of natural disasters. These elements offer regulating ecosystem services by acting as natural barriers that protect the coves. The research uses interviews and collaborative mapping with fishermen and residents, in order to understand what spaces of identity, economic and cultural importance they recognize in the cove.

During the development of the research, the key finding is the possibility of integrating macroalgae forests into green infrastructure systems, which not only helps mitigate the risks of coastal catastrophes but also reinforces local identity and offers economic benefits through aquaculture. Through this finding, it is proposed that green

infrastructure systems can be used not only to mitigate but also as spaces to enhance local identity and economy.

The research confirms the hypothesis that natural elements of the landscape can be used to develop mitigation solutions while preserving local identity. It is proposed to apply these strategies to other urban projects, such as those associated with the sustainable development of fishing coves, balancing the tensions between fishing extraction, environment, and tourism.

Keywords: Caleta, identity, ecosystem services, green infrastructure.

1 INTRODUCCIÓN

Considerando el aumento de desastres naturales debido al cambio climático y el constante riesgo de tsunamis en el cinturón del Pacífico, es necesario encontrar una forma de compatibilizar la vida en la costa con la amenaza que esta conlleva. El uso de áreas expuestas a desastres naturales con fines residenciales es un problema global que se agrava cuando los habitantes de estos lugares no tienen la capacidad de mitigar y adaptarse a estos fenómenos naturales peligrosos, lo que se entiende como una situación de vulnerabilidad (Martínez, 2014 y Wilches-Chaux, 1993).

Las caletas pesqueras se eligen como áreas de estudio por su fuerte conexión social, cultural y económica con la costa, siendo dependientes de los recursos marinos, así como por los siempre presentes riesgos asociados a las costas donde se encuentran. Su ubicación las hace sensibles a fenómenos ambientales, y como asentamientos informales, enfrentan un mayor riesgo ante desastres naturales. Se reconoce que la identidad de los pescadores artesanales, junto con su apego y sentido de pertenencia a las caletas, se tensiona ante los riesgos constantes en las costas, planteando la necesidad de medidas que permitan la compatibilización de estos dos aspectos,

Las caletas son pequeños asentamientos ubicados en la costa, dedicados principalmente a la pesca artesanal. Funcionan como bordes entre el mar y la tierra, puntos de acceso a los recursos marinos y refugios para los pescadores que regresan tras explorar el mar. Este tipo de asentamiento no puede existir en otro lugar debido a su especial conexión con el mar. Los pescadores artesanales interactúan constantemente en los espacios comunes de trabajo y domésticos, compartiendo valores, intereses y costumbres relacionados con la pesca artesanal y los ecosistemas del paisaje en el que se encuentran (Marcucci, 2014). Esto se refleja en un fuerte vínculo entre su identidad y su trabajo, lo que influye en su forma de habitar el territorio, prefiriendo vivir cerca del mar y sus embarcaciones o destinando espacios públicos al trabajo en mallas o al secado de algas.

La identidad de los habitantes está estrechamente vinculada con la ubicación de caletas y con el oficio de la pesca artesanal. La actividad pesquera une a las personas a través del trabajo y las relaciones sociales de producción, consolidando la caleta como el espacio donde se llevan a cabo los encuentros productivos y sociales de los pescadores (Rodrigo et al., 2015). La caleta tiene una gran significancia para los pescadores pues representa un lugar de trabajo, un segundo lugar de vida y un lugar identitario e histórico en el cual confluyen personas que comparten una historia, un trabajo y un sentimiento de apego por la caleta. Los habitantes tienen una forma particular de organizar los usos y prácticas productivas, sociales y culturales en la caleta. Dentro de estos espacios, los pescadores despliegan diversos elementos culturales, como costumbres, prácticas y saberes, conformando así una cultura costera única que les permite diferenciarse del resto de la ciudad, manifestando una identidad propia (González y Guerrero, 2020). A través de estas prácticas socioespaciales, los pescadores artesanales han desarrollado una forma de habitar que es una expresión importante de patrimonio cultural.

Las amenazas naturales que afectan a las caletas con mayor frecuencia son las de origen marino debido a su ubicación geográfica. Estas incluyen los tsunamis originados por terremotos de epicentro marítimo y las marejadas causadas por tormentas marinas. El tsunami más reciente, en 2010, evidenció la vulnerabilidad de los asentamientos costeros cuando impactó las costas del sur de Chile, dañando severamente caletas en la comuna de Talcahuano como El Morro, Tumbes, Candelaria, Cantera y Puerto Inglés, siendo estas últimas tres completamente destruidas por la catástrofe. Las caletas, debido a su ubicación, presentan un riesgo constante de tsunami, sumado a la vulnerabilidad social que suele caracterizar este tipo de asentamiento. Asimismo, la amenaza de marejadas presenta una

tendencia al aumento anual a lo largo de toda la costa de Chile debido a aumentos en la temperatura y altura del mar causados por el cambio climático.

Ante esta tensión entre la identidad y el riesgo de catástrofe natural, surge la pregunta: ¿cómo se pueden compatibilizar las caletas con el riesgo de desastres siempre presente debido a su ubicación geográfica, mientras se permite la conservación de su identidad y patrimonio costero ligado a la pesca artesanal?

En particular, esta investigación se centrará en la caleta ubicada en el área urbana de Talcahuano, El Morro, dado que la ciudad ha demostrado históricamente ser propensa a sufrir catástrofes naturales de origen marino, siendo una de las más afectadas por el tsunami de 2010 (Morales, 2010). Este asentamiento se encuentra principalmente bajo dos tipos de riesgo de catástrofe natural ligada al mar: los tsunamis generados por terremotos y las marejadas provocadas por tormentas marinas.

Para analizar esta problemática y proponer una solución, se considerará el paisaje costero al que se vinculan las caletas y los elementos naturales que lo componen, como humedales, dunas costeras y sus servicios ecosistémicos. Se reconoce que los pescadores se benefician activamente de estos servicios, tanto para el aprovisionamiento de pesca como para la expresión de su cultura. Además, se benefician pasivamente de la mitigación de desastres naturales que estos elementos proporcionan (Rojas et al., 2019). Por ello, se propone diseñar estrategias que integren estos elementos en sistemas de infraestructura verde, con el objetivo de potenciar su capacidad para ofrecer servicios ecosistémicos de mitigación, aprovechando su adaptabilidad e integración en diversas escalas territoriales (Magdaleno et al., 2018). Esto con la finalidad de mitigar los riesgos costeros mientras se conservan los elementos naturales de los cuales dependen los pescadores.

Se buscará integrar a las agrupaciones comunitarias presentes en las caletas. Esto se hará mediante una aproximación metodológica cualitativa, utilizando entrevistas y cartografías colaborativas dirigidas a los habitantes de la caleta donde los participantes compartirán sus conocimientos sobre la identidad de la caleta.

2 ELECCIÓN Y FUNDAMENTACIÓN DEL TEMA Y LUGAR

Costa bajo amenaza

El cinturón de fuego del Pacífico es una zona de subducción de placas tectónicas en las costas del océano Pacífico, caracterizada por su alta actividad sísmica y volcánica. Chile es parte de este cinturón, al estar ubicado en la convergencia entre la placa de Nazca y Sudamericana, lo que genera actividad sísmica relevante, que sitúa al país en uno de los más sísmicamente activos del mundo.

La ciudad de Talcahuano se ubica en la costa de Chile; asentada en un territorio costero complejo compuesto por las bahías de Concepción y San Vicente, la península de Tumbes, cerros islas, bosques de algas y el humedal costero Rocuant-Andalién. En su proceso de desarrollo urbano, la ciudad ha generado condiciones socioambientales negativas, que han significado el daño de sistemas naturales relevantes, como los humedales y bahías, deterioradas por procesos industriales de alto impacto dañando su capacidad de ofrecer servicios ecosistémicos a los habitantes.

La historia de Talcahuano ha estado marcada por la actividad sísmica y los tsunamis que esta produce, habiendo sido fundada en respuesta a la necesidad de tener una ciudad puerto tras la destrucción y posterior traslado de la ciudad de Concepción desde Penco a su ubicación actual. Desde su fundación, el desarrollo urbano de Talcahuano ha sido severamente afectado por tsunamis en tres ocasiones, habiendo sido la última el año 2010 donde sufrió graves pérdidas humanas y materiales; el tsunami afectó especialmente a las caletas de la comuna habiendo arrasado por completo tres de estas en la península de tumbes, eliminando asentamientos con décadas de historia y costumbres relacionados a la pesca artesanal. Un estudio desarrollado en base a cartas de inundación del SHOA post terremoto del 2010 indicó que el 43,8% de la población urbana de Talcahuano se encuentra expuesto a inundación por tsunami, siendo esta la comuna con mayor porcentaje de las 82 analizadas (CNDT, 2021).

Figura N°1. Resumen terremotos y tsunamis que han afectado la ubicación de Talcahuano.

Año	Región	Efecto tsunami
1570	Bio-Bio	Tsunami de 4m que afectó las costas de Concepción.
1657	Bio-Bio	Generó un gran tsunami conformado por tres olas que afectó fuertemente la Bahía de Concepción
1730	Valparaíso	Se estima que 2/3 de Concepción fueron destruidos por el posterior tsunami.
1751	Bio-Bio	Destrucción de Concepción. (Se mueve ciudad a lugar actual, se funda Talcahuano)
1835	Bio-Bio	Tsunami azotó las costas de la bahía de Concepción arrasando la ciudad de Talcahuano
1839	Ñuble	Destruye la ciudad de Chillán, no presenta tsunami
1960	Valdivia	Tsunami afectó vastas áreas de la costa chilena, incluyendo la bahía de Concepción donde el agua subió un par de metros generando inundaciones.
2010	Bio-Bio	Tsunami afectó desde Valparaíso a la Araucanía, causando destrucción masiva de propiedades, infraestructuras y la pérdida de vidas.

Fuente: elaboración propia.

A esto se suma una tendencia al aumento anual de marejadas lo largo de toda la costa de Chile, dependiendo de la latitud, con un incremento de hasta un 0.3, según lo evidenciado mediante análisis de modelos numéricos de oleaje (MMA, 2019 y Winckler et

al., 2020). Además, se observa una tendencia al incremento de altura de las olas a nivel global, evidenciada a través de observaciones satelitales de oleaje (Young y Ribal, 2019). Esto se puede explicar debido a que el cambio climático ha causado un incremento en los niveles del mar y de la temperatura atmosféricas, lo cual aumenta la frecuencia, duración e intensidad de tormentas costeras y marejadas (Seneviratne, 2021).

La caleta El Morro se considera un área de interés debido a su importancia cultural e histórica en la ciudad de Talcahuano y lo expuesta que se encuentra a las amenazas. El Morro presenta un alto nivel de amenazas de marejadas, anegamientos, inundaciones y tsunamis (Urbancost, 2021). Los eventos recientes más relevantes que han afectado a esta zona han sido: las fuertes lluvias con inundación y anegamiento del año 2006, entre junio 10 y 13, y el tsunami del 27 de febrero de 2010, originado por un terremoto de magnitud 8.8, el que causó la pérdida de 21 vidas humanas en la comuna de Talcahuano, 8 de las cuales fueron en barrios adyacentes a la caleta el Morro, además de los fuertes daños materiales que afectaron a viviendas y embarcaciones (Contreras y Winckler, 2013).

Perdida de identidades costeras

La ubicación de Talcahuano entre dos bahías ha orientado un su desarrollo urbano hacia el mar, que ha originado una industria logística marítima y pesquera tanto industrial como artesanal, sustentada en caletas artesanales. Sin embargo, el aumento de la industrialización durante el último siglo ha desplazado a varias caletas costeras, cediendo espacio al desarrollo portuario, siderúrgico y pesquero industrial, lo que ha resultado en la pérdida de las identidades costeras en favor del crecimiento económico.

Una de las últimas caletas en el área urbana, El Morro, situada en el humedal Rocuant-Andalién, evoca el pasado de la ciudad, cuando los asentamientos espontáneos en la costa predominaban y la población se dedicaba a la pesca artesanal, con prácticas sociales e identitarias que definían al Talcahuano preindustrial. Como explica McGoodwin (2002), los habitantes de las caletas suelen vincular su trabajo con su identidad cultural, lo que explica por qué prefieren vivir en asentamientos donde sus viviendas están integradas a las zonas de trabajo.

La caleta se ubica en el borde del humedal costero Rocuant-Andalién, este sistema hídrico proporciona diversos servicios ecosistémicos, aprovisiona a los algos, les permite desarrollar su cultura a los habitantes y regula el oleaje de marejadas y tsunamis; este último demostró ser especialmente relevante durante el tsunami del año 2010 (Rojas et al., 2019). Actualmente, el humedal Rocuant-Andalién presenta un nivel de degradación considerable, ha perdido el 40% de su superficie afectando a sus servicios ecosistémicos. Otros elementos del paisaje que otorgan servicios ecosistémicos son el bosque costero del cerro El Morro, las dunas y el bosque de macroalgas de la bahía de Concepción.

En las caletas, el fuerte vínculo entre habitantes y lugar se expresa en la estrecha relación entre vivienda y trabajo, donde conviven espacios laborales con lugares de la vida familiar. Sin embargo, estos asentamientos deben afrontar graves dificultades relacionadas con las amenazas presentes en las zonas costeras, como tsunamis y marejadas. No obstante, a pesar de estas amenazas los pobladores se resisten a abandonar sus lugares tradicionales de vida, rechazando las propuestas de erradicación como se ocurrió en la caleta El Morro, con posterioridad al Tsunami del 2010 (González y Guerrero, 2020).

Entendiendo la relevancia cultural e importancia de la caleta y el riesgo de catástrofe natural constante bajo el que se encuentra, se plantea una solución integral que permita mitigar los riesgos presentes conservando la identidad cultural de los pescadores. Para esto se plantea integrar los servicios ecosistémicos presentes en sistemas de infraestructura, recuperando áreas naturales degradadas.

3 PROBLEMÁTICA URBANO SOSTENIBLE

Caletas bajo amenaza de catástrofes naturales

Durante años, los puertos de Talcahuano y San Vicente han sido el motor de crecimiento económico de la ciudad de Talcahuano, estos han planteado fuertes procesos de industrialización y privatización en las costas de la ciudad con elementos industriales que han reemplazado a las comunidades que residían y trabajaban en esta, como lo fue el caso de caleta La Gloria en donde actualmente se encuentra el puerto de San Vicente. Una de las consecuencias de esto ha sido la pérdida de las identidades costera, entendiéndose esto como; las costumbres y formas de vivir de los pescadores artesanales.

En la actualidad en la ciudad de Talcahuano, exceptuando a la península de Tumbes, hay dos caletas de pescadores artesanales habitadas, estas son:

- El Morro, caleta con más de cien años de antigüedad, en sus orígenes era reconocida por su belleza paisajística y tener el único balneario donde los habitantes de Talcahuano podían disfrutar la playa. Los habitantes de la caleta se dedicaban a la extracción de la taca, un molusco encontrado en las playas, y a la pesca. El oficio de la pesca artesanal se ha conservado hasta el día de hoy, traspasado de generación en generación, aunque debido a la contaminación de las industrias del sector la playa ya no se considere balneario y las tacas hayan desaparecido, los pescadores siguen manteniendo sus costumbres y prácticas que definían a Talcahuano hace un siglo.
- Rocuant, caleta que data del año 2006 como punto de atraque de botes, a mediados del año 2022 se generó un campamento colindante.

Caleta El Morro se entiende entonces como la única caleta urbana con una identidad costera definida y heredada generacionalmente en la ciudad de Talcahuano, basado en esto se designó como el elemento a estudio de esta investigación. La problemática surge cuando este asentamiento no tiene las capacidades de adaptarse y resistir a las catástrofes naturales siempre presentes en la costa, planteando la posibilidad de que esta sea arrasada como les sucedió a las caletas Puerto Inglés y Candelaria en la comuna durante el tsunami del año 2010.

Identidad y el arraigo al paisaje costero

Las caletas pesqueras suelen tener características culturales bastante marcadas, los habitantes tienen fuertes relaciones entre sus identidades personales y su ocupación pesquera, frecuentemente reclutando tripulaciones basándose en vínculos sociales. Estas comunidades desarrollan sistemas de ordenación basadas principalmente en las redes sociales y familiares y no en planes de ordenamiento gubernamentales (McGoodwin, 2002). Una de las formas en las que se ha expresado este fuerte vínculo cultural fue el rechazo del plan de erradicación post tsunami del año 2010 de los habitantes de la caleta El Morro debido a que desplazar a la comunidad lejos del mar no reconocía la visión cultural con habitantes que siempre habían residido en este (González y Guerrero, 2020). El plan de reconstrucción que fue aceptado respetaba el uso y ubicación que la caleta originalmente tenía, incluyendo la proximidad de viviendas al mar.

Los habitantes utilizan sus conocimientos del territorio donde viven para crear sus propias herramientas comunitarias que les permite adaptarse a su entorno, como ocurrió en la caleta El Morro durante el tsunami del año 2010, donde implementaron su propio plan comunitario de evacuación al cerro El Morro, demostrando cierto nivel de resiliencia

comunitaria, ignorando el llamado de las autoridades a no evacuar, evitándose así pérdidas humanas (González y Guerrero, 2020).

Aunque la resiliencia comunitaria ha logrado disminuir el riesgo directo para la vida de los habitantes, la respuesta aún no es integral al no mitigar los impactos físicos a la caleta. El periodo de reconstrucción tras el último tsunami fue extenso y costoso: cuatro años durante los cuales los pescadores no pudieron acceder a sus lugares de vida y trabajo. Entonces se entiende la necesidad de implementar medidas de mitigación que disminuyan los posibles daños causados por catástrofes naturales aumentando la capacidad de recuperarse de las caletas, disminuyendo los periodos de reconstrucción, permitiendo una continuidad en el desarrollo económico y cultural de la caleta.

Aumento de población vulnerable

El terremoto y posterior tsunami del 27 de febrero de 2010 prácticamente destruyeron por completo la caleta El Morro. Debido a la acción de los pescadores y su mayor entendimiento del comportamiento del mar, los habitantes lograron evacuar rápidamente al cerro El Morro colindante a la caleta. No se registraron muertes ni personas desaparecidas.

En años posteriores al tsunami, Caleta El Morro de ha expandido su área de edificación, esto mediante un campamento informal formado en un sitio eriazo anexo a la caleta. Se estima, utilizando comparativas de imágenes satelitales (2010-2023), que desde el tsunami en la caleta El Morro se han construido 40 nuevas viviendas. Estas nuevas edificaciones son principalmente autoconstrucciones de material ligero; este tipo de materialidad de vivienda tiene un alto nivel de vulnerabilidad física ante catástrofes naturales (Martínez, 2014 y Castillo, 2013). Al no presentarse infraestructura que permita la mitigación de catástrofes naturales costeras y al alto nivel de riesgo presente en el área de la caleta el crecimiento poblacional se transforma en una problemática.

Cabe mencionar que, aunque no exista infraestructura de mitigación, hay ciertos elementos naturales presentes en el área de estudio, como el cerro El Morro, dunas costeras y el humedal Rocuant-Andalién, que proporcionan servicios ecosistémicos que pueden mitigar el riesgo de catástrofe natural, como tsunamis, anegamientos e inundaciones. En la actualidad, estos elementos del paisaje se encuentran degradados por los fuertes procesos industriales y de urbanización sobre estos por lo que se ha debilitado su capacidad de otorgar servicios ecosistémicos. Esta condición se puede mejorar y/o recuperar mediante la implementación de sistemas de infraestructura verde o azul, relacionadas con el uso de la vegetación y el agua, respectivamente (Rojas et al., 2019).

En este sentido, la situación descrita genera una oportunidad clara, que se refiera a la posibilidad de utilizar los servicios ecosistémicos del paisaje para recuperar las condiciones naturales creando un borde costero más resiliente.

Oportunidad de mitigación

Existen elementos del paisaje con potencial para ofrecer servicios ecosistémicos que pueden reducir el riesgo de catástrofe natural mediante la oportunidad de implementar infraestructura verde que potencia esta cualidad. Esta infraestructura tiene por objetivo mejorar la capacidad de elementos naturales de otorgar servicios ecosistémicos, destaca por su multifuncionalidad en áreas medioambientales (conservación y recuperación de áreas naturales), sociales (mitigación de riesgos) y económicas. Esto le brinda una mayor capacidad de adaptación en escalas territoriales menores, mucho mayor que la infraestructura gris, que requieren elevados costes de manufactura y mantenimiento además de causar un mayor impacto ambiental (Magdaleno et al., 2018). Entonces se

entiende que la infraestructura verde puede servir como una herramienta de alta eficacia para la adaptación y mitigación de riesgos de catástrofe natural, además de la conservación y restauración de elementos naturales.

Se entiende que caleta El Morro es uno de los últimos vestigios del pasado preindustrial de la ciudad de Concepción; debido a esto, este asentamiento tiene una alta importancia cultural e histórica. En la actualidad, esta caleta se encuentra bajo riesgo de catástrofes naturales marinas por su ubicación y no tiene la capacidad de adaptarse de manera integral a estos riesgos, aunque los habitantes han demostrado resiliencia comunitaria, físicamente la caleta tiene un alto nivel de vulnerabilidad. El entorno natural de la caleta presenta una oportunidad de solucionar esta problemática, recuperando los servicios ecosistémicos que los elementos naturales actualmente degradados, como las dunas o el humedal costero e integrándolos a sistemas de infraestructura verde, permitiendo que los habitantes de las caletas puedan desempeñar sus vidas y labores compatibilizando el habitar en la costa con los riesgos siempre presentes de esta.

El tema, entonces, radica en la identificación de qué elementos naturales del paisaje de la caleta presentan servicios ecosistémicos de mitigación y como éstos se pueden potenciar mediante la implementación de sistemas de infraestructura verde de mitigación que logre compatibilizar el habitar de los pescadores artesanales con los riesgos presentes en la costa, permitiendo que los habitantes de la caleta puedan desempeñar sus vidas y labores con un menor nivel de riesgo de catástrofe natural.

4 PREGUNTA E HIPÓTESIS PROYECTUAL

Pregunta proyectual

A partir de la problemática urbana anteriormente revisada surge las siguientes preguntas proyectuales.

- ¿Qué recursos del paisaje se pueden potenciar mediante infraestructura verde que permita la compatibilización del habitar en la costa con los desastres naturales siempre presentes en esta?
- ¿Qué estrategias de diseño podrían sugerirse para compatibilizar el habitar en la costa con los desastres naturales de esta, que considere la conservación de las identidades costeras?

Hipótesis proyectual

Los elementos del paisaje natural en el área de estudio (dunas costeras, humedal Rocuant-Andalién, cerro El Morro y bosque) pueden ser utilizados como base para implementar infraestructura verde mediante estrategias de diseño que potencien sus servicios ecosistémicos de regulación, para mitigar el riesgo de desastres naturales que afectan a la caleta El Morro, conservando la identidad.

5 OBJETIVOS GENERALES Y ESPECÍFICOS

Objetivo general:

Compatibilizar el habitar en la costa con los riesgos de desastres naturales costeros en caleta El Morro mediante estrategias de diseño basadas en infraestructura verde que aprovechen recursos del paisaje, como bosques de macroalgas, dunas costeras y vegetación nativa. Estrategias específicas, como los arrecifes artificiales, permitirán mitigar riesgos costeros mientras se preserva y fortalece la identidad cultural de la comunidad, integrando prácticas tradicionales como la pesca artesanal y la recolección de algas.

Objetivos específicos:

1. Establecer los componentes espaciales y culturales que definan la identidad cultural de la caleta El Morro
2. Analizar los recursos del paisaje que puedan servir de base para implementar infraestructura verde de mitigación de riesgo en la caleta El Morro.
3. Proponer estrategias de diseño de infraestructura verde que permitan la compatibilización del habitar en la costa con los riesgos de esta, que permitan conservar la identidad cultural de caleta El Morro.

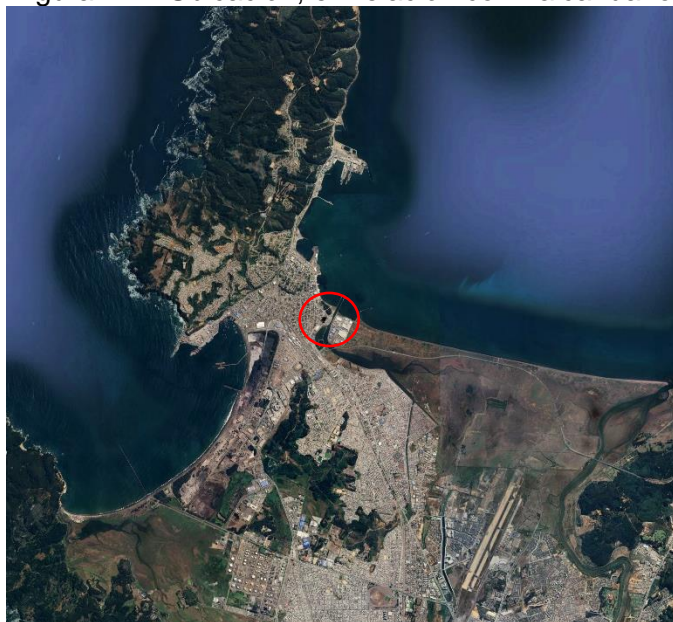
6 ANTECEDENTES DEL CASO

Ubicación

La costa de la región del Biobío, ubicada en la zona centro sur de Chile, se caracteriza por sus bahías y asentamientos costeros. Varios forman parte del Área Metropolitana de Concepción, uno de los conglomerados más importantes del país, por su desarrollo industrial y pesquero.

Talcahuano es una ciudad y comuna costera ubicada al sur de la Bahía de Concepción, reconocida por su estrecha relación con el mar. Posee uno de los principales puertos del país, el Puerto de San Vicente, y destaca por su actividad pesquera industrial y artesanal. Una característica notable de la comuna es la presencia de humedales, entre los que se destaca el humedal costero Rocuant-Andalién, que abarca aproximadamente 1.500 hectáreas, mayormente situadas en Talcahuano. La comuna alberga diversas industrias pesqueras y sectores residenciales, como la Caleta de pescadores artesanales El Morro, a lo largo del borde costero. Estos lugares se encuentran en una situación vulnerable debido a la exposición a amenazas marítimas, lo que pone en riesgo tanto a la población como a la infraestructura local.

Figura N°2. Ubicación, en relación con Talcahuano.



Fuente: elaboración propia.

Caleta El Morro

La caleta El Morro, situada en el borde entre la ciudad de Talcahuano y el humedal Rocuant-Andalién en el canal Ifarle, se diferencia de otras caletas al no estar directamente en la costa. Este canal fue construido para recoger y drenar aguas lluvias, funcionando como un límite entre el humedal y la ciudad. Este sector es vulnerable ante amenazas marítimas, pero su ubicación resguardada de la acción directa del mar proporciona protección a las embarcaciones y habitantes de la caleta frente a marejadas y tsunamis.

Figura N°3. Ubicación.



Fuente: elaboración propia.

Los habitantes de la caleta El Morro, conocidos como “morrinos”, han mantenido la pesca artesanal y la recolección de algas como las principales actividades económicas de muchas familias, a pesar de que las nuevas generaciones han explorado otros trabajos, como el empleo en barcos industriales. Los morrinos, conscientes de los riesgos de vivir en la costa, han desarrollado planes de gestión de riesgo comunitarios, respondiendo de manera organizada a las amenazas marítimas, reflejando su compromiso con la seguridad y la continuidad de su forma de vida (Moussard, 2010).

Los morrinos tienen un fuerte vínculo con el paisaje natural, principalmente con el mar y el humedal Rocuant-Andalién, desde donde se abastecen de pesca y algas. El canal Ifarle se destaca como un punto de desembarque de pesca y anclaje de lanchas y botes, además de una atracción turística y encuentro.

La comunidad de aproximadamente 600 habitantes está compuesta mayormente por familias fundadoras (Gutiérrez, Vásquez, Alvear, Macaya, Neira, Plasencia y Torres) y sus descendientes, que han mantenido fuertes vínculos familiares a lo largo de generaciones, estos han encontrado más que un lugar de trabajo, también un hogar (Moussard, 2010). Los morrinos se caracterizan por su fuerte sentido de arraigo y cooperación, lo que ha fomentado la creación de asociaciones sociales basadas en la caleta, como los sindicatos de pescadores y alquerías. Durante el tsunami de 2010 este sentido de cooperación y resiliencia comunitaria se evidenció cuando los pescadores se encargaron de la evacuación de los vecinos a las alturas del cerro El Morro antes de que las olas azotaran la caleta.

Históricamente, los habitantes de la caleta El Morro han enfrentado catástrofes naturales, como los terremotos de 1960, 1985 y 2010, que causaron inundaciones, tsunamis y marejadas. Estos eventos han moldeado la identidad y resiliencia de los

morrinos, quienes han transmitido sus conocimientos sobre cómo responder a estas situaciones de generación en generación.

Figura N°4. Bordes naturales.



Fuente: elaboración propia.

Amenazas

Las costas de Chile son una zona dinámica donde coexisten diversos procesos hídricos y sedimentarios, el oleaje es el principal moldeador de los procesos litorales. El aumento de marejadas en los últimos años y el eventual cambio del nivel del mar atribuido al calentamiento global, aumentan el riesgo en una zona afectada por terremotos y tsunamis recurrentes debido a su ubicación en la cuenca del pacífico (MMA, 2019).

Talcahuano fue especialmente afectado por el terremoto y posterior tsunami de 2010, su gran fuerza destructiva arrasó edificaciones costeras, calles y el puerto (Cartes, 2018). La caleta El Morro se encuentra en una zona de alto peligro de tsunami y fue completamente sumergida por el tsunami, causando daño a viviendas y embarcaciones; en este contexto complejo, los morrinos implementaron su propio plan de evacuación hacia al cerro El Morro, evitando pérdidas humanas.

Tras el terremoto del 27 de febrero, los morrinos evacuaron rápida y espontáneamente. Las mujeres cuidaron a los niños y ancianos, mientras los pescadores evacuaban a la comunidad hacia el cerro El Morro (MOUSSARD, et al 2013). Las mujeres, niños, ancianos y hombres no relacionados con el mar se resguardaron en el cerro mientras los pescadores volvieron a la caleta para verificar que nadie quedara atrapado. Cuando se recogió el mar, se dio la alerta, y todos los pescadores evacuaron la zona. Finalmente, la caleta quedó vacía. El conocimiento local de los morrinos fue clave para la evacuación, demostrando su utilidad y pertinencia ante situaciones de emergencia. Sin embargo, el barrio cercano de Santa Clara sufrió daños devastadores, dejando ocho muertos y más de cinco mil familias damnificadas (Resumen, 2010).

Figura N°5. Peligro de tsunami.



Fuente: elaboración propia en base a URBANCOAST (2021).

A esto se suma una tendencia al aumento anual de marejadas lo largo de toda la costa de Chile, dependiendo de la latitud, con un incremento de hasta un 0.3, según lo evidenciado mediante análisis de modelos numéricos de oleaje (MMA, 2019 y Winckler et al., 2020). Además, se observa una tendencia al incremento de altura de las olas a nivel global, evidenciada a través de observaciones satelitales de oleaje (Young y Ribal, 2019). Esto se puede explicar por el cambio climático que ha causado un incremento en los niveles del mar y de la temperatura atmosféricas, lo cual aumenta la frecuencia, duración e intensidad de tormentas costeras y marejadas (Seneviratne, 2021).

Aunque el fenómeno de las marejadas ha sido poco estudiado en comparación con tsunamis o cambio climático, en las costas de Chile estas siguen generando daños todos los años en sectores residenciales, industriales e infraestructura. Se estima que las marejadas han causado daños a infraestructuras costeras en 201 ocasiones desde el año 1823 (Winckler et al., 2017) ubicándolo como la tercera catástrofe natural que causa más daños al país tras los tsunamis y terremotos (EMDAT, 2017). Entre estos daños el más frecuentes es el deterioro de las embarcaciones, dentro de las cuales el daño a embarcaciones pequeñas abarco el 83% de todo el daño a naves. En base a esto se entiende que la mayor población afectada son pescadores, que no solo tienen mayor probabilidad de perder su sustento laboral sino también presentan la mayor tasa de mortalidad ante eventos de marejada (Campos, 2016).

Se considera que la población de la caleta El Morro vive en una zona de alta amenaza de catástrofes costeras; esto se traduce en una alta posibilidad de futuras pérdidas materiales y humanas si no se implementan medidas de mitigación.

Paisaje costero

El paisaje presenta una serie de elementos entre el mar y las caletas: primero, una playa con dunas y vegetación dispersa; tras esta, se encuentran el cerro El Morro y el

humedal Rocuant, el primero con un alto nivel de vegetación y el segundo con vegetación más dispersa.

Estos elementos están degradados debido a la intervención humana, lo que ha causado un deterioro progresivo de las funciones ecosistémicas potenciales, siendo una de las más relevantes la capacidad de mitigación de tsunamis y marejadas de las dunas y humedales (Rojas et al., 2019 y Herrera, 2014).

Adicionalmente, esta área natural es considerada de gran importancia debido a su biodiversidad, diversidad de hábitats y, en particular, las numerosas especies de aves que anidan en el área (Urbancost, 2021).

Figura N°6. Elementos del paisaje.



Fuente: elaboración propia en base a URBANCOAST (2021).

Considerando los puntos anteriores se entiende que los elementos del paisaje presentan capacidad de mitigación que puede utilizarse y potenciarse al integrarse a infraestructura urbana.

Aumento exposición

Se analizaron imágenes satelitales (Google) para estudiar el cambio poblacional de la caleta, comparando las imágenes post terremoto (2010) con las más recientes (2023). Se evaluaron el área construida y las edificaciones, debido a su correlacionadas con la población.

En la caleta El Morro, la población en 2010 era alta debido a su antigüedad, con una superficie construida de 19,400 m² y un número no verificable de viviendas. En 2023, el área aumentó a 44,800 m², se estima que hay unas 220 viviendas unifamiliares y 12 unidades de departamentos, con una población aproximada de 600 habitantes. (Figura

Nº6). Se observa un considerable aumento de población, acelerado en los últimos años, con viviendas en altura.

Figura Nº7. Comparativa edificaciones El Morro 2010-2023.



Fuente: elaboración propia.

La autoconstrucción es común en El Morro, porque las casas son construidas y ampliadas con la colaboración de familiares y vecinos. Estas viviendas son elaboradas mayoritariamente en material ligero, predominantemente madera y planchas metálicas, estas materialidades se consideran más vulnerable y tiende a sufrir mayores daños en comparación a edificaciones en mampostería confinada u hormigón (Lagos, Cistern y Mardones, 2008). Además, los campamentos tienden a tener un mayor nivel de vulnerabilidad asociado a la precariedad de vivienda (Campos, Vergar y Palacios, 2022). Estas casas, en ocasiones de dos pisos, pueden albergar hasta cuatro generaciones de una misma familia (Moussard, 2010).

Se observa el aumento de la población vulnerable expuesta ante amenazas costeras la cual aproximadamente se ha duplicado, calculado en base a área construida y número de edificaciones en una zona que presenta tanto alto nivel de amenazas costeras, en un sector cuya capacidad natural de mitigación ha sido afectada por intervención humana, esto le brinda urgencia a la necesidad de implementar sistemas de mitigación.

7 MARCO CONCEPTUAL

A continuación, se realizará una revisión de definiciones y descripciones de los conceptos claves necesarios para comprender la problemática y las posibles soluciones.

Caleta

Una caleta es un asentamiento costero estrechamente vinculado a su geografía, concebido como un límite natural entre tierra y mar, marcado por su vocación productiva ligada a la actividad pesquero-artesanal que explotan los recursos marinos (González y Guerrero, 2020). Más que un sitio funcional, representa un espacio socioeconómico que combina trabajo, comunidad y vida doméstica, fomentando un sentido compartido de identidad, valores y herencia cultural (Marcucci, 2014).

La ley define caleta artesanal como “la unidad productiva, económica, social y cultural ubicada en un área geográfica delimitada, en la que se desarrollan labores propias de la actividad pesquera artesanal y otras relacionadas directa o indirectamente con la pesca artesanal” (BCN, 2020).

En base a esto entendemos que una caleta es un asentamiento mixto, social, económico y cultural cuya identidad está fuertemente relacionada a la actividad pesquera. Esto lo diferencia de otros espacios de pesca o venta de productos marinos, como muelles o mercados donde está presente el factor económico, pero no el factor social e identitario ligado a su característica como asentamiento.

Identidad urbana

Partiendo desde la identidad como un concepto social, Manuel Castells (2010) lo define como la fuente del significado y la experiencia para las personas, es el proceso que da sentido a partir de un conjunto de características culturales que prevalecen sobre otras. Entiende la identidad colectiva como el elemento de conexión entre los individuos de una sociedad, como un elemento interdisciplinar que no es fija, sino que puede mutar sus componentes. Se comprende, entonces, que la identidad es un concepto que aplica a grupos de personas que comparten una cultura, cuando esta identidad se territorializa y se enlaza a su contexto natural y construido se le categoriza como identidad urbana.

Según Lynch (1960 y 1987) la imagen urbana se conforma por tres componentes: identidad, estructura y significado. Describe identidad como las particularidades de un objeto que lo distingue y lo separa del resto, permite que las personas puedan reconocer un lugar y diferenciarlo del resto. Jacobs (1961) enfocándose en el componente humano utiliza el término identidad pública para describir las interacciones sociales en el entorno construido y como esta se expresa en redes de respeto y confianza.

Entonces, entendemos que la identidad urbana es una composición de lo construido e inmaterial. La identidad de un territorio se ve influenciada por los elementos físicos del paisaje como el clima, geografía, los ríos, los lagos, los mares, la flora y fauna. También, los vínculos y costumbres de los habitantes influyen la identidad, como estos interactúan, sus trabajos y relaciones sociales. Por ello la identidad puede ser percibida a través del diseño, la forma, los espacios y sus usos, las tradiciones y vínculos sociales y con el entorno, todo lo cual se combina para producir una distinción espacial y visual, ayudando a diferenciar un lugar de otro.

Se identifican dos amenazas que provocarían pérdidas y cambios en las identidades urbanas:

- La globalización, su impacto en las ciudades ha creado cambios de los elementos identitarios que representaban a estas en el pasado generalizando formas de construir y vivir del hemisferio norte (Sousa, 2022).

- El cambio climático y el aumento de catástrofes naturales en poblaciones vulnerables (Arteaga y Ugarte, 2015).

En esta investigación nos centraremos en el impacto de las catástrofes naturales, el aumento del riesgo y posibles medidas de mitigación.

Figura N°8. Esquema de relaciones entre conceptos.



Fuente: elaboración propia.

Riesgo y mitigación

Wilches-Chaux (1993) define riesgo como "cualquier fenómeno de origen natural o humano que signifique un cambio en el medio ambiente que ocupa una comunidad determinada, que sea vulnerable a ese fenómeno" (p.7). Se pueden determinar dos factores en interacción, los fenómenos naturales y la población vulnerable, cuando estos se encuentran en un mismo territorio se produce el riesgo.

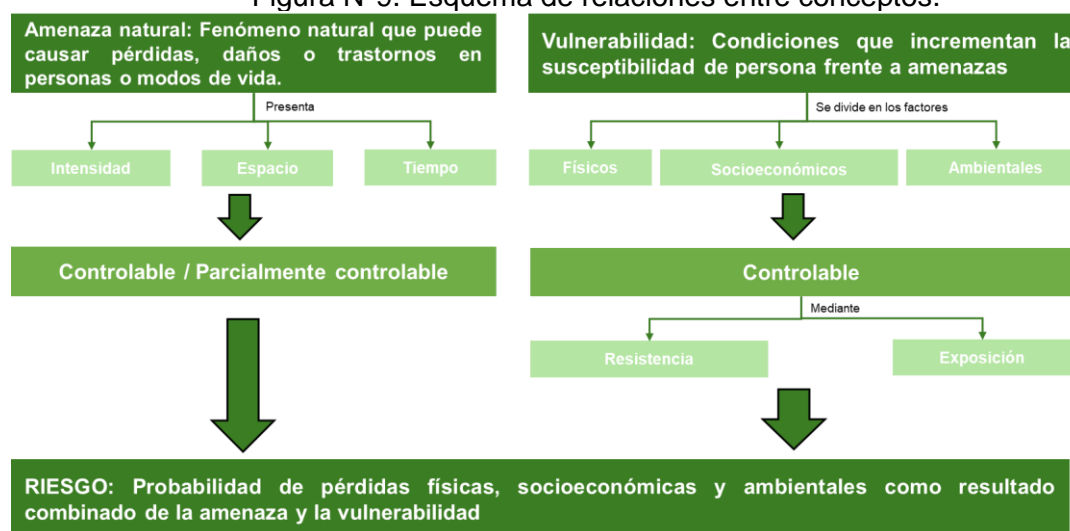
El término vulnerabilidad es ampliamente utilizado en la gestión de riesgos de desastres y se define como la capacidad de una comunidad para mitigar los efectos del entorno (Wilches-Chaux, 1993). Esta capacidad determina la intensidad de los impactos que un evento potencial puede generar, ya que la vulnerabilidad es una característica inherente de la comunidad que la hace susceptible a los efectos de una amenaza. La vulnerabilidad está influenciada por variables socioeconómicas; según Lipp (2018), las personas de escasos recursos suelen tener niveles más altos de vulnerabilidad debido a la calidad y tipo de las construcciones en las que viven. Además, a medida que aumenta la cantidad de personas en un territorio, también lo hace el nivel de amenaza, lo que se conoce como exposición. La ley chilena 21364 (2021) lo define como, "aquellas condiciones determinadas por factores o procesos físicos, sociales, institucionales, económicos o ambientales que aumentan la susceptibilidad de una persona, una comunidad, los bienes, infraestructuras o servicios, a los efectos de las amenazas".

Por amenaza se entiende la probabilidad de que ocurra un desastre sobre la comunidad, es necesario mencionar la diferencia entre un fenómeno y un peligro naturales, los primeros son procesos naturales por los cuales los sistemas ecológicos transcurren, estos se transforman en peligros (amenazas) cuando personas habitan el territorio sobre el cual tienen efecto (Rojas y Martínez, 2011). En síntesis, una amenaza se transforma en riesgo cuando afecta a personas. La ley chilena 21364 (2021) lo define como, "fenómeno

de origen natural, biológico o antrópico, que puede ocasionar pérdidas, daños o trastornos a las personas, infraestructura, servicios, modos de vida o medio ambiente”.

Por lo tanto, se puede entender la relación entre estas variables como, riesgo = amenaza x exposición/resistencia. Como las variables de amenaza no se pueden cambiar al ser intrínsecas de un territorio y el nivel de exposición no puede siempre ser disminuido debido a negativas de comunidades de ser erradicadas, se demarca el aumento de capacidad de mitigación o resistencia la variable más flexible a la hora de disminuir el riesgo. Ante esto la resiliencia urbana surge como una respuesta basándose en la resistencia ante amenazas y la adaptabilidad.

Figura N°9. Esquema de relaciones entre conceptos.



Fuente: elaboración propia.

Resiliencia urbana

Resiliencia es un término originario de las ciencias de la ingeniería, donde se entiende como la capacidad de un material para conservar su forma original tras ser sometido a un esfuerzo temporal, posteriormente utilizado por Michael Rutter en las ciencias sociales en los años setenta, estudiando la capacidad de recuperarse en personas que han sufrido experiencias límite.

En el área de la planificación urbana el concepto de resiliencia es reciente y se entiende como la capacidad de habitantes, sistemas urbanos y ecológicos, dentro de un territorio, para recuperarse rápidamente a un nivel deseado de funciones, sin importar las presiones que se les apliquen, adaptándose al cambio (Lipp, 2018, Meerow, Et. al, 2016).

Aunque el concepto de resiliencia urbana sea relativamente nuevo a medida que los eventos desastrosos que se presentan en ciudades, como inundaciones o marejadas que han ido en aumento, la resiliencia urbana se ha vuelto un objetivo importante en ciudades. Esto debido a la necesidad de anteponerse al riesgo, mitigando las repercusiones de las catástrofes. Una ciudad resiliente busca reducir de riesgo, estableciendo como esta debe recuperarse tras un evento catastróficos de naturaleza tanto natural como hecha por el hombre (Wamsler et al., 2013).

Se entiende, entonces, la resiliencia como un término relacionado a la mitigación y contrapuesto a la vulnerabilidad; esta puede ser incrementada en un territorio tanto como por métodos sociales o educativos basados en la gestión, o físicos, como la implementación de sistemas de infraestructura de mitigación. Dado que los habitantes del territorio han demostrado poseer resiliencia comunitaria, en esta investigación nos centraremos en las medidas físicas que pueden integrarse en la caleta para aumentar la resiliencia.

Infraestructura verde

La real academia española (2014) define infraestructura como un “conjunto de elementos, dotaciones o servicios necesarios para el buen funcionamiento de un país, de una ciudad o de una organización cualquiera”. En nuestro caso nos enfocaremos en la infraestructura de mitigación que busca disminuir el riesgo presente en las costas.

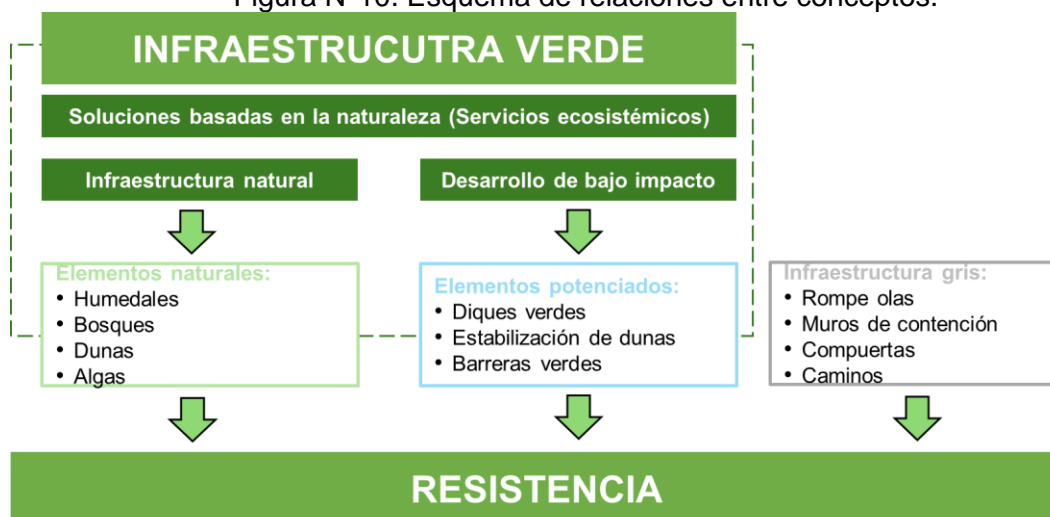
Teniendo en consideración los elementos naturales del paisaje en el cual las caletas se encuentran inmersas y la dependencia económica y cultural que los habitantes de la caleta El Morro tienen por esta y los servicios ecosistémicos que estos pueden brindar, se decide implementar sistemas de infraestructura verde. Benedict y McMahon (2006) definen infraestructura verde como “una red interconectada de espacios verdes que conserva los valores y funciones de los ecosistemas naturales y proporciona beneficios asociados a las poblaciones humanas” (p.12). La comisión europea (2013) define infraestructura verde como:

Una red de zonas naturales y seminaturales y de otros elementos ambientales, planificada de forma estratégica, diseñada y gestionada para la prestación de una extensa gama de servicios ecosistémicos. Incorpora espacios verdes (o azules en el caso de los ecosistemas acuáticos) y otros elementos físicos de espacios terrestres (incluidas las zonas costeras) y marinos. (p.13)

Entonces entenderemos que la infraestructura verde son sistema interconectado de áreas naturales, seminaturales y construidas que conservan los valores y funciones de sistemas ecosistémicos y entregan beneficios a gente y fauna. Se diferencia del concepto de espacio verde debido a que la infraestructura verde es necesaria para el correcto funcionamiento de un territorio y esta debe ser activamente protegida manejada y recuperada.

El concepto de infraestructura verde surge del intento de reconciliar el crecimiento urbano y la protección del ambiente, integrando a la ciudad los beneficios ecosistémicos provistos por los sistemas naturales, como regulación hídrica, regulación climática, purificación de aire y agua, y mitigación de riesgos (Vásquez, 2016). En nuestro caso, nos centraremos en la integración de servicios ecosistémicos presentes en el paisaje ligados a la mitigación de riesgos, como la disminución del impacto de inundaciones, anegamientos y tsunamis que sistemas como los humedales costeros proporcionan.

Figura N°10. Esquema de relaciones entre conceptos.



Fuente: elaboración propia.

Paisaje y servicios ecosistémicos

Para entender la relación entre el paisaje y servicios ecosistémicos, se debe primero definir paisaje, que ha sido definido como: un territorio formado y habitado que expresa la combinación de elementos naturales y antrópicos, este entendido desde la percepción cultural de los habitantes de la zona; por ende, este varía de lugar en lugar y durante el tiempo (Maderuelo 2010 y Ruiz 2018). Entonces los servicios ecosistémicos corresponden a beneficios que los elementos naturales otorgan, estos pueden ser de cuatro categorías:

- Provisión, brindan recursos materiales.
- Regulación, mejoran o hacen posible la vida (control de inundaciones o anegamientos).
- Culturales, beneficios inmateriales relacionados al bienestar (recreación y espiritualidad).
- Soporte, son los que permiten el resto de los servicios ecosistémicos (polinización, los hábitats naturales o el control de erosión) (Ministerio del medio ambiente, s.f.).

En este caso de estudio el paisaje se enfocaría en las caletas y su relación física y cultural con la costa y sus elementos.

Se entiende que los elementos del paisaje brindan servicios ecosistémicos específicos con cierto nivel de intensidad, a continuación, se ejemplificarán los beneficios que otorgan los elementos presentes en el área de estudio y como estos se pueden utilizar en infraestructura verde.

Partiendo por el humedal costero Rocuant-Andalién, este tipo de humedal funciona como una barrera protectora contra olas, inundaciones y tsunamis (Ramsar, 2016). En algunos casos como en Hikkaduwa, Sri Lanka se han protegido mediante parques marinos, lo cual ha permitido que sus servicios ecosistémicos se conserven.

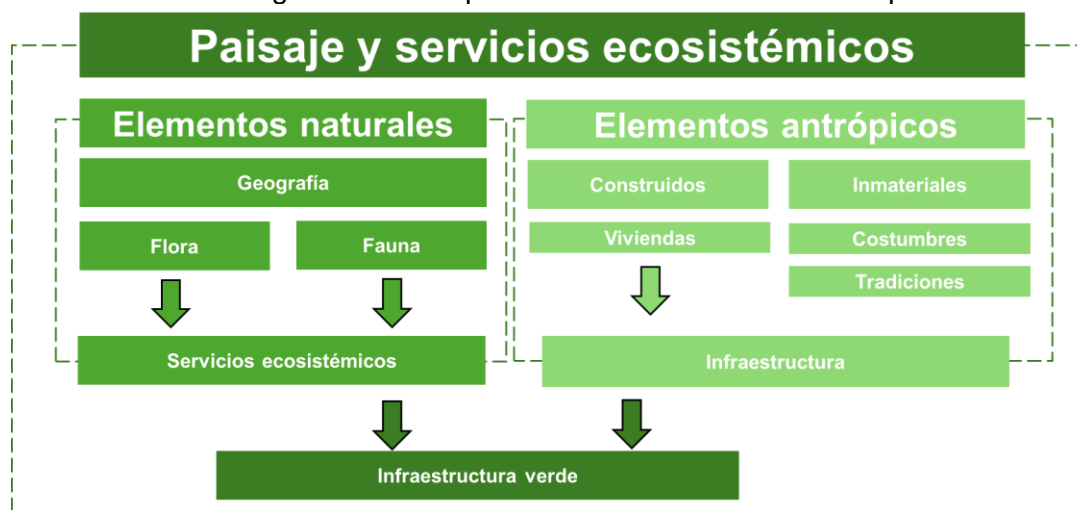
En cuanto a las dunas costeras, estas poseen la capacidad innata para disipar el fuerte oleaje generado por los tsunamis, lo que pudo ser observado durante el tsunami de 2004 en Tamil Nadu, donde las aldeas tras dunas costeras se conservaron intactas (Giraud, Rinaldi 2014). Se ha propuesto que estas se estabilicen con una capa vegetal de plantas

nativas que potencian su carácter mitigador, consolidando una primera línea de contención (Hans, 2016).

Respecto al bosque costero sobre y alrededor el cerro El Morro, los bosques costeros tienen la capacidad de reducir el impacto de marejadas y tsunamis cuando presentan un orden y densidad adecuados.

Un ejemplo en detalle de la incorporación de elementos del paisaje en infraestructura verde en la reducción de riesgo en costas está en Japón, considerado uno de los países más avanzados en el tema. Han privilegiado el uso barreras naturales conformadas por vegetación, una técnica que han usado históricamente durante cuatro siglos, teniendo fuerte vínculos culturales con los habitantes (Hans, 2016). Durante el tsunami del año 2011 en Japón se observó que, pese a sufrir daños severos, El Cinturón Verde de la prefectura de Miyagi, un sistema de infraestructura verde, ayudó a reducir el impacto del oleaje y a retrasar el tiempo de llegada, protegiendo viviendas del impacto de escombros (Shaw, Noguchi e Ishiwatari, 2012).

Figura N°11. Esquema de relaciones entre conceptos.



Fuente: elaboración propia.

8 DISEÑO METODOLÓGICO

Enfoque metodológico

Esta investigación tendrá un enfoque metodológico cualitativo pues busca medir elementos no cuantificables, como lo es la percepción de la identidad por una comunidad o el análisis del paisaje, basado en entrevistas, observaciones de campo y análisis bibliográficos, en búsqueda de probar la hipótesis proyectual.

La investigación se realizará en tres etapas referentes a los tres objetivos específicos:

- Primero, implementación de las entrevistas y cartografías colaborativas a los habitantes de la caleta El Morro.
- Segundo, análisis del paisaje natural, sus elementos y los servicios ecosistémicos relacionados a estos.
- Tercero, la etapa de diseño, donde se buscará compatibilizar el habitar en la costa con los riesgos presentes en esta.

Etapla 1: Determinar elementos identitarios

Se establecerán los elementos, naturales o contruidos que la comunidad considera como identitarios para su forma de vida. Esto se hará mediante entrevistas y cartografías colaborativas, realizadas a los habitantes de la caleta El Morro. Para esto se establecerán reuniones con miembros de las agrupaciones sociales territorializadas en la caleta que se estima tienen un alto nivel de interés en esta, en base a esto se designaron tres:

1. Sindicato de trabajadores independientes, mujeres pescadoras artesanales, algueras y actividades conexas de la caleta el morro Talcahuano.
2. Sindicato comercial de trabajadores independientes pescadores artesanales de caleta El Morro.
3. Junta de vecinos N°16 El Morro.

Dado que el tiempo para realizar cada objetivo es limitado, al ser parte de un trabajo integrativo final, se realizarán 40 entrevistas a habitantes. Considerando que la población aproximada de la caleta es de 600 personas, estas entrevistas serán representativas bajo los siguientes parámetros: un margen de error del 12%, un nivel de confianza del 85% y una proporción esperada del 50%.

La entrevista se dividirá en dos partes, primero la sección escrita, donde los entrevistados responderán preguntas escritas como alternativas relacionadas a los espacios de importancia dentro de la caleta y el proceso de reconstrucción post terremoto 2010; segundo, tres cartografías colaborativas donde los participantes marcarán en imágenes aérea de la caleta espacios importantes. Las respuestas de los entrevistados serán resumidas en palabras clave y las cartografías se sobrepondrán para remarcar espacios importantes. Se utilizará lenguaje menos técnico con los habitantes para facilitar el entendimiento.

Etapla 2: Elementos naturales posibles para infraestructura verde

Se analizarán los recursos del paisaje, distinguiendo los elementos naturales que puedan servir de base para implementar infraestructura verde que mitigue las amenazas reconocidas en la etapa anterior, esto en 3 pasos.

- Primero, se realizará un análisis cartográfico geomorfológico para identificar y ubicar en el territorio los elementos naturales, en base a las cartografías de Ilabaca (1980) e imágenes satelitales recientes que permitan actualizar los cambios.

- Segundo, se hará un análisis bibliográfico de los servicios ecosistémicos de regulación brindados por los elementos naturales presentes, enfocándonos en si estos permiten la mitigación del riesgo de desastres naturales presente.
- Tercero, se estimará la capacidad de los elementos naturales de brindar estos servicios ecosistémicos y si estos han sido comprometidos por degradación/intervención.

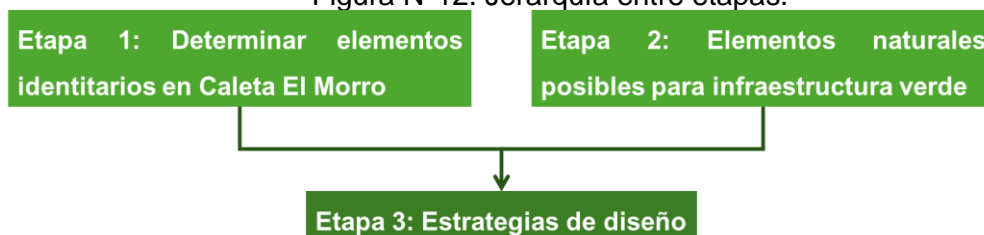
Con estos datos se propondrán que elementos naturales se pueden implementar en la etapa de estrategias de diseño.

Etapas 3: Estrategias de diseño

Corresponde a la etapa proyectual donde se propondrán estrategias de diseño que permitan compatibilizar el vivir en la costa con los riesgos asociados, esto incorporando los elementos naturales seleccionados en la etapa anterior e incorporando los espacios de importantes para los habitantes de manera que estos conserven su identidad y usos, esto se realizara en 2 pasos:

- Primero, se realizará un análisis de referentes, de infraestructura verde de mitigación que incorpore los elementos del paisaje en la etapa anterior.
- Segundo, en base al paso anterior se plantearán estrategias de diseño de como incorporar elementos del paisaje a sistemas de infraestructura verde de mitigación.

Figura N°12. Jerarquía entre etapas.



Fuente: elaboración propia.

9 RESULTADOS Y PROPUESTA

O1 - Etapa 1: Determinar elementos identitarios

Esta etapa se realizó mediante entrevistas a habitantes de la caleta El Morro, estas fueron realizadas de manera presencial en su mayoría en la sede de la junta de vecinos. La entrevista constó de dos partes: la primera con preguntas abiertas y de alternativas y la segunda de cartografías colaborativas.

La entrevista escrita buscó recolectar datos sobre la identidad y percepción de los habitantes de la caleta El Morro, así como su nivel de involucramiento en el proceso de reconstrucción post tsunami de 2010. Los objetivos fueron identificar lugares importantes en la caleta y recopilar opiniones sobre la reconstrucción. Con los mapas colaborativos, se procuró identificar en el plano los espacios de importancia cultural y económica para los habitantes y definir los límites de la caleta.

Las entrevistas fueron realizadas principalmente en 4 reuniones en la sede de la junta de vecinos de la caleta El Morro, estas se concretaron durante la última semana de octubre y la primera semana de noviembre, de manera complementaria se realizaron entrevistas en las residencias de habitantes debido a no poder asistir a las reuniones.

Figura N°13. Entrevista, miércoles 30 de octubre.



Fuente: elaboración propia.

Ítem 1: antecedentes básicos

El primer ítem es la identificación de la persona, en este se pregunta: el género, edad, ocupación y tiempo de residencia en la caleta. Los siguientes datos fueron arrojados por esta parte.

Figura N°14. Resumen ítem 1.

Género			
Femenino (33)		Masculino (7)	
Edad			
70+ años (3)	51 a 70 años (31)	21 a 40 años (5)	Bajo los 20 años (1)
Ocupación			
Amas de casa (17)	Pescadores (15)	Ocupaciones remuneradas no relacionadas a la pesca (6)	Estudiantes (2)
Tiempo de residencia			
Toda la vida (30)	Mayoría de la vida (6)	Minoría de la vida (4)	

Fuente: elaboración propia.

De estos datos se obtienen las siguientes observaciones:

- Relacionando la edad y el tiempo de residencia se observa que la gran mayoría las personas mayores a 51 años han vivido en la caleta durante toda su vida.
- Relacionando la ocupación y la edad se observa que la todos los pescadores artesanales pertenecen al grupo mayor a 51 años.
- Relacionando el género y la ocupación de pescador, 5 eran trabajadores y 10 trabajadoras.

Ítem 2: arraigo e identidad

Este ítem se divide en dos: primero, la identificación de espacios distintivos, importantes, identitarios, que le gusten y disgusten a los habitantes; segundo, determinar el arraigo de los residentes a su caleta. Se entenderá que espacios como el borde costero están compuestos de diferentes elementos, como el malecón, la rampla, el paseo o los botes, al igual que la costa está compuesta por diferentes elementos como la playa, roqueríos, mariscos, algas y el mar.

A continuación, se hará una revisión a las palabras claves obtenidas en cada pregunta de la primera parte.

Figura N°15. Resumen ítem 2.

1- ¿Considera que la caleta El Morro tiene elementos o espacios especiales que la diferencian del resto de la ciudad de Talcahuano? ¿Cuáles?		
Si (36)	Construido: borde costero (18).	Natural: costa y sus recursos (21).
2- Nombre elementos importantes para la caleta (naturales o construidos)		
Naturales: cerro (12), costa y sus recursos (12) y humedal (7)	Construido: borde costero (23) y plaza San Pedro (4)	
3- ¿Con cuales espacios de la caleta se identifica?		
Construidos: plaza San Pedro (10), muelle (7).		Natural: playa (20), cerro (3)
4- ¿Cuáles son sus lugares favoritos? ¿Por qué?		
Natural: playa (31), humedal (2).	Construido: plaza San Pedro (6), muelle (4).	En general por ser espacios de recreación.
5- ¿Qué elementos o espacios de la caleta no le gustan? ¿por qué?		
Tomas (15), pesqueras (4), muelle (3).		Debido al desorden y reparación de redes.

Fuente: elaboración propia.

Se observa la importancia que tienen espacios como, el borde costero, la plaza de San Pedro y la costa, tres espacios estrechamente relacionados a la pesca artesanal. Los únicos espacios que no le gustan al habitante se relacionan con incivildades como la basura, contaminación ambiental o a las tenciones que se producen en el muelle al ser un espacio productivo y de recreación, destacando como se ocupa el espacio para reparar redes.

En la segunda parte se busca ver el nivel de arraigo mediante dos preguntas.

Figura N°16. Resumen ítem 3.

1- ¿Le gusta vivir aquí?		
Si: 38	No: 1	Tal vez 1
2- ¿Se cambiaría de barrio si tuviera la oportunidad?		
Si: 2	No: 36	Tal vez: 2

Fuente: elaboración propia.

Se entiende que los habitantes muestran un alto nivel de arraigo a la caleta; la mayoría disfruta vivir allí y no se cambiaría de lugar. En las entrevistas, se mencionó que la mayoría de los presentes son familiares, ya sea directos o políticos, lo cual podría influir en este arraigo.

Ítem 3: proceso de reconstrucción.

La finalidad de este ítem es reunir datos sobre si estos fueron integrados en procesos anteriores donde esta se construyera en la caleta y que tan informados están los habitantes sobre infraestructura de mitigación.

Figura N°17. Resumen ítem 4.

1- ¿Vivía en la caleta en febrero del 2010?		
Si (35)	No (5)	
2- ¿Conoce acciones realizadas para la reconstrucción de la caleta?		
Si (39)	No (1)	
3- ¿Se sintió incorporado en las decisiones de reconstrucción?		
Si (17)	No (18)	Un poco (5)
4- ¿Cuáles son las principales medidas de mitigación/reconstrucción de la caleta?		
Viviendas y departamentos palafito (28) y borde costero (12).		
5- ¿Cuáles medidas para la reconstrucción no fueron importantes?		
Todas lo fueron (19).		
6- ¿Qué otra medida para la reconstrucción/mitigación se podría haber realizado?		
Sede (15), <u>Multicancha</u> (12), Muro de contención más alto (11)		

Fuente: elaboración propia.

De estos datos se obtienen las siguientes observaciones:

- La mayoría de los vecinos que vivían en la caleta el año 2010 no se consideran integrados en el proceso de reconstrucción/mitigación.
- Se encuentran informados sobre las medidas de mitigación presentes.
- Entienden la necesidad de medidas adicionales y expresan la necesidad de un muro de contención más alto al recordar la altura de la ola.

Ítem 4: cartografías colaborativas

Este ítem aborda la creación de 4 cartografías colaborativas, estas fueron hechas en base a la sobreposición de delimitaciones marcadas en el mapa por los entrevistados. En estas entre más demarcado el color mayor la cantidad de entrevistados que marcaron el lugar.

La primera cartografía corresponde a los límites de la caleta El Morro, la gran mayoría de entrevistados marcó el cerro, además de las construcciones entre Pérez Gacitúa y el canal/Mar. Un grupo significativo marco, además, la playa y el canal, y un número menor el supermercado Líder.

La segunda cartografía es sobre los espacios más importantes de la caleta, en esta se demarca claramente el borde costero, la playa y el cerro.

Figura N°18. Cartografía colaborativa, límites de la caleta y espacios importantes.



Fuente: elaboración propia.

La tercera cartografía corresponde a los espacios culturalmente importantes para los habitantes, los espacios que destacan corresponden a la Plaza San Pedro y al mar.

La última cartografía referente a los espacios económicos resalta el borde costero, el canal y la playa, espacios relacionados a la pesca artesanal.

Figura N°19. Cartografía colaborativa, espacios culturales y económicos.



Fuente: elaboración propia.

Se reconoce una alta importancia que le dan los habitantes a todo el borde costero desde el muelle al final del cerro el morro y frente a las pesqueras, además de la plaza San Pedro y sede. Se debe buscar conservar o potenciar estos espacios.

O2 - Etapa 1: análisis de elementos naturales posibles para infraestructura verde

A continuación, se realizará un análisis de los elementos del paisaje, sus servicios ecosistémicos y su estado de conservación. Esto con la finalidad de evaluar si pueden ser integrados en sistemas de mitigación de riesgo de catástrofes naturales costeras.

El área de estudio se encuentra en sector de menor altitud de la comuna de Talcahuano, inserta en una depresión tectónica. La geomorfología del área ha sido moldeada por la tectónica, la acción de las corrientes marinas y el transporte de sedimentos de los sistemas hídricos Biobío y Andalién. Según Ilabaca (1980) y su análisis de los

elementos geográficos del Área Metropolitana de Concepción, basado en unas cartografías. En la proximidad de la caleta hay 7 unidades geomorfológicas:

1. Cordillera.
2. Cuerpos de agua.
3. Dunas, humedales.
4. Llanuras de inundación.
5. Terrazas de inundación.
6. Terrazas.

Urbancost (2021) mediante una cartografía del sistema hídrico Rocuant-Andalién reconoce 14 unidades geomorfológicas divididas los dominios, litorales, estuariales y fluviales.

1. Litoral, 29,7% del área
 - a. Zona marina adyacente
 - b. Playas
 - c. Dunas
 - d. Plataforma de erosión marina
 - e. Llanura en arenas de dunas
2. Estuarial, 26,5% del área.
 - a. Plataforma de marisma
 - b. Estuario
3. Fluvial
 - a. Llanura de inundación
 - b. Paleocauce del Biobío
 - c. humedal palustre
 - d. Río Andalién

De manera complementaria se realiza un análisis de las cubiertas de suelo asociadas a cada los elementos geomorfológicos e hidrográficos, basado en observaciones en terreno y análisis de imágenes satelitales, reconociendo el bosque costero El Morro y el bosque de macroalgas ubicado frente a la costa de Talcahuano.

Para el siguiente análisis se considerarán los elementos naturales más relevantes de estos estudios basándonos en la proximidad de estos y la caleta y su posicionamiento respecto al mar, siendo estos elementos naturales:

1. Cordillera de la costa,
 - a. Cerro isla El Morro
 - b. Bosque costero
2. Dunas costeras/externas
3. Playas
4. Zona marina Adyacente
 - a. Bosque de algas
5. Marisma
6. Estuario
 - a. Canal Ifarle

A continuación, se hará una descripción acotada de cada uno de los elementos y un análisis de los servicios ecosistémicos que entregan a la comunidad y su estado de conservación.

Figura N°20. Elementos del paisaje natural.



Fuente: elaboración propia en base a URBANCOAST (2021).

Cordillera de la costa

Gran parte de Concepción Metropolitano está ubicado en el borde occidental de la Cordillera de la Costa. Esta franja litoral se caracteriza por el marcado contraste existente entre el borde del macizo costero y la presencia de una extensa llanura que se extiende desde el borde de la bahía de Concepción hasta Coronel. La mayor parte Talcahuano se encuentra emplazado en la llanura, la cual es interrumpida por una serie de cerros islas, como cerro El Morro (Ilabaca, 1980). Este cerro presenta densa vegetación compuesta de árboles y arbustos.

Los bosques costeros, como el presente en El Morro, brindan los siguientes servicios ecosistémicos:

1. Provisión
 - a. Madera, alimentos y productos forestales no madereros.
2. Regulación
 - a. Protección contra la erosión y estabilización del suelo.
 - b. Regulación del clima y captura de carbono.
 - c. Control de inundaciones y regulación hídrica.
 - d. Purificación del aire y agua.

Los bosques costeros pueden ayudar en la atenuación de los impactos de tsunamis. Sin embargo, el grado de su eficacia depende de muchas variables como el ancho del árbol, la densidad del bosque, la estructura de vegetación y la severidad del tsunami. Los árboles costeros no ayudarán en el caso de tsunamis muy severos. (Pinilla, et al, 2013).

La morfología del cerro no ha sido intervenida, solo una construcción se sitúa en este siendo el fuerte El Morro, la mayoría de las edificaciones se sitúan en su borde con la ciudad, como la caleta y el estadio El Morro. Presenta vegetación nativa tupida, conformada

por árboles, arbustos y plantas rastreras. Se considera que las capacidades de brindar servicios ecosistémicos del cerro no se han visto afectadas.

Dunas costeras

La arena que compone las dunas del área procedentes de acumulación de sedimentos oceánicos. Estas se encuentran entre el canal Ifarle hasta la desembocadura del río Andalién, se les considera dunas inactivas ya que la vegetación presente es capaz de aglutinar la arena impidiendo cambiar bajo la corriente eólica (Barros y Gutiérrez 2011).

Las dunas costeras, como las presentes en la costa de Talcahuano, brindan los siguientes servicios ecosistémicos:

1. Provisión
 - a. Arena.
2. Regulación
 - a. Protección frente a marejadas, tsunamis y erosión costera.
 - b. Filtra y almacena aguas lluvias.

Las dunas actúan como un reservorio de sedimentos y estabiliza la línea de costa, estas permiten la amortiguación y contención de las marejadas causadas por tormentas costeras y tsunamis (Hans, 2016). Se estima que entre más vegetación cubra la duna más estable esta será, pudiendo llegar a albergar coníferas si el clima lo permite.

El sistema dunar ha sido intervenido en diversos puntos tanto por la instalación de pesqueras en el islote Rocuant como con la construcción de la Autopista Interportuaria Talcahuano-Penco. Para la instalación de las pesqueras se intervinieron intensivamente las dunas, removiendo las de la orilla para crear una zona de desembarque y rellenando el resto para situar las edificaciones. Se considera que el sector dunar colindante a la caleta no presenta las capacidades para brindar servicios ecosistémicos en su estado actual debido a su alto nivel de intervención, sin embargo, los tramos posteriores al no tener un alto nivel de intervención aun podrían brindar servicios ecosistémicos. Se observa vegetación nativa rastrera y arbustos en las zonas no intervenidas.

Playas

Única playa en la costa de Talcahuano urbano se extiende desde el canal Ifarle hasta cerro El Morro. Es una Playa de mar de arena fina oscura.

Las playas de mar, como las presentes en la costa de Talcahuano, brindan los siguientes servicios ecosistémicos:

1. Provisión
 - a. Arena y algas.
2. Regulación
 - a. Protección frente a oleaje y erosión costera.

Las playas son una parte importante de la vida de los habitantes de las caletas. Además de ofrecer oportunidades de recreación y turismo, fomentando la actividad económica, estas ofrecen protección a los residentes al amortiguar los fuertes vientos y los oleajes generados por tormentas costeras (EPA, 2024).

La playa se encuentra intervenida por una canalización y la instalación de roqueríos para romper olas, se observa poca vegetación lo cual puede ser debido a la contaminación de la zona, actualmente se está realizando un proyecto que disminuirá drásticamente la superficie de playa instalando asfaltos y plantas no nativas de la zona. Se estima que la capacidad para brindar servicios ecosistémicos se encuentra limitada.

Zona marina adyacente

Sector marino adyacente a la caleta donde los pescadores artesanales y algueras realizan sus labores. La zona presente bosques de algas la cual sirve de hogar a diversas especies de peces, algunos de los cuales son comercialmente relevantes para los pescadores artesanales además de la misma alga que son recolectadas por las algueras.

1. Provisión
 - a. Peces y algas.
2. Regulación
 - a. Protección frente a tormentas y oleaje.
 - b. Almacenaje de carbono.

Las algas se consideran productores primarios, hábitats y depósitos de biodiversidad marina y fuentes de productividad costera. Funcionan como habitables tridimensionales capaces de ofrecer habita a diversas especies marinas. Además, son una defensa costera, al prevenir y aliviar los daños de marejadas y tormentas costeras, al frenar la velocidad de las olas (Smale et al., 2013).

Se considera que la pradera de algas de Rocuant tiene una sensibilidad y exposición media, causada por la extracción de algas por pescadores artesanales (ARCLIM, 2022.)

Marisma

Las marismas son humedales continuos o frecuentemente inundados, se caracterizan por su vegetación de tallo blando adaptada a las condiciones de suelo saturado (EPA, 2024). Esta se ubica rodeando la caleta por el sur y este. Existen diversos tipos de marisma dependiente de posición y tipo de agua. La encontrada en el sistema Rocuant-Andalién es una marisma costera de agua dulce, independiente de la marea.

Las marismas, como las presentes en la costa de Talcahuano, brindan los siguientes servicios ecosistémicos:

1. Provisión
 - a. Agua dulce, almejas y algas.
2. Regulación
 - a. Protección frente a inundaciones, erosión costera y oleaje.
 - b. Recarga de aguas subterráneas.
 - c. Nitrogenación del suelo.
 - d. Secuestro de carbono.

Estos sistemas hídricos participan en diversos ciclos necesarios para la vida, como la filtración de agua mediante remoción de sedimentos y carbono, lo que propicia la vida de crustáceos. Además de ser zonas de amortiguamiento de inundaciones y erosión debido a su capacidad de disminuir la velocidad del agua (Watson et al, 2012).

Se presenta un alto nivel de intervención en la marisma, una gran cantidad de rellenos para la edificación de sectores urbanos, industriales y carreteras, a esto se suma altos niveles de contaminación causados por las pesqueras, lo cual ha radicado la pérdida de flora y fauna.

Estuario

Los estuarios son cuerpos de agua parcialmente encerrados que se forman cuando el agua dulce de ríos, quebradas o corrientes submarinas se encuentran con el mar, mezclando agua dulce y salada, estas funcionan como zonas de transición entre estos

sistemas (EPA, 2024). El estuario se crea debido a que el agua de la bahía de Concepción se junta con la desembocadura del canal Ifarle a un costado de la caleta.

Estuarios, como el presente en la costa de Talcahuano, brindan los siguientes servicios ecosistémicos:

1. Provisión
 - a. Agua dulce, almejas y algas.
2. Regulación
 - a. Filtración de sedimentos y contaminantes.
 - b. Amortiguación de oleaje, inundaciones y erosión.

Estos cuerpos de agua son conocidos como “cunas marinas” por su gran capacidad de soporte ecosistémico dando habitat a peces, moluscos, anfibios y aves. Además, la vegetación que crece en estos proporciona amortiguamiento de oleaje e inundaciones (EPA, 2024).

El estuario fue intervenido creando el canal Ifarle que aumentó la cantidad de agua marina que entra en el sistema. Esta canalización se entiende como una fuente de amenaza al poder dirigir las olas de marejadas o tsunamis hacia el interior de la ciudad. Se estima que el sistema tiene la capacidad de brindar SE, pero se debe implementar medidas que impidan la canalización de oleajes.

Figura N°21. Síntesis de servicios ecosistémicos proporcionados por elementos naturales.

Elemento natural	SERVICIOS ECOSISTEMICOS	
	Provisión	Regulación
Bosques costeros	Madera, alimentos y productos forestales no madereros.	<ul style="list-style-type: none"> • Protección contra la erosión y estabilización del suelo. • Regulación del clima y captura de carbono. • Control de inundaciones y regulación hídrica. • Purificación del aire y agua.
Dunas	Arena.	<ul style="list-style-type: none"> • Protección frente a marejadas, tsunamis y erosión costera. • Filtra y almacena.
Playas	Arena y algas.	<ul style="list-style-type: none"> • Protección frente a oleaje y erosión costera.
Zona marina adyacente	Peces y algas.	<ul style="list-style-type: none"> • Protección frente a tormentas y oleaje. • Almacenaje de carbono.
Marisma	Agua dulce, almejas y algas.	<ul style="list-style-type: none"> • Protección frente a inundaciones, erosión costera y oleaje. • Recarga de aguas subterráneas. • Nitrogenización del suelo. • Secuestro de carbono.
Estuario	Agua dulce, almejas y algas.	<ul style="list-style-type: none"> • Filtración de sedimentos y contaminantes. • Amortiguación de oleaje, inundaciones y erosión.

Fuente: elaboración propia.

Servicios ecosistémicos comunes

Se considera que todos los elementos del paisa paisaje presentes ofrecen los siguientes servicios ecosistémicos culturales y de soporte.

1. Soporte

- a. Biodiversidad y hábitat.
- 2. Cultura
 - a. Recreación y turismo.
 - b. Patrimonio cultural y espiritual.
 - c. Educación ambiental.

Aprendizajes

De este análisis se desprenden los siguientes puntos importantes:

1. Los elementos presentes en el paisaje costero presentan servicios ecosistémicos que regulan el oleaje y la erosión, reduciendo la velocidad y la profundidad de las olas provocadas por desastres naturales costeros.
2. Los elementos del paisaje presentan intervención humana que ha afectado su capacidad para brindar servicios ecosistémicos.
3. Algunos elementos pueden potenciar los daños causados por desastres naturales.

O3 – Etapa 1: Estrategias de diseño

Estudio de referentes

A continuación, se hará un análisis de referentes que utilizan los servicios ecosistémicos presentes en los elementos del paisaje analizados en el objetivo anterior para tener un entendimiento de maneras de integrar estos servicios en sistemas de infraestructura.

Bosque costero y cerros

Elementos del paisaje como las colinas presentes en la cordillera de la costa o la vegetación de los bosques costeros son utilizados en conjunto en parques de mitigación de tsunamis. Los servicios ecosistémicos de regulación ofrecidos por estos se potencian al ser utilizados en conjunto, además pueden ser potenciados mediante la integración de sistemas grises como muros de mar o diques (Lunghino et al. 2020). Estos parques funcionan al reflejar la ola disminuyendo la fuerza cinética de esta. Las colinas por si sola pueden ser potencialmente dañinas al aumentar la velocidad del agua comparadas con una costa plana.

Durante el tsunami de 2011 en Japón, en la prefectura de Tohuko algunos de los cerros presentes aportaron positivamente a la mitigación de los efectos negativos de las olas del tsunami. Como proyecto de reconstrucción se han implementado sistemas de infraestructura verde que utilizan estos elementos naturales, en “cerros verdes”. En la prefectura de Miyagi se han implementado diferentes sistemas que combinan vegetación costera, cerros y diques, para reforzar los SE de regulación ofrecidos por los elementos naturales

Estudios han demostrado que sistemas de mitigación basadas en vegetación, dunas y muros marinos pueden efectivamente reducir la altura de inundación, velocidad y energía, además de retrasar la llegada de la ola (Inagaki, 2017).

Dunas costeras y playa

Las propuestas de infraestructura verde de mitigación en dunas costeras se enfocan en estabilizar el suelo mediante franjas de vegetación nativa. La franja más cercana al mar está compuesta por especies rastreras que fijan la arena, facilitando el crecimiento de especies mayores como árboles, ubicados en una segunda franja junto a mobiliario con funciones de mitigación (Hans, 2016). El objetivo es crear una barrera costera que funcione como contención climática y de mitigación frente al oleaje.

El Parque Costanera Pelluhue, en la región de Maule utiliza dunas costeras como la primera línea de defensa en contra de marejadas, sumándole a esto elementos grises, como plataformas de contención de inundación y áreas de acumulación de agua (Herrera y Villegas, 2014).

Marisma y estuario

Los humedales son integrados en sistemas de infraestructura verde conservándolos o restaurando áreas degradadas, estos se mantienen en su estado natural permitiéndoles brindar sus servicios ecosistémicos. Los humedales se pueden recuperar plantando árboles endémicos que funcionen como muros verdes aportando resistencia adicional contra la energía de las olas a través de sus troncos y sistemas de raíces (Marois y Mitsch, 2015). La mayoría de los estudios enfatizan que la conservación/restauración de humedales aumenta la capacidad de regular inundaciones, disminuyendo la velocidad máxima del agua y el área de inundación (Rojas et al, 2022).

El parque de mitigación humedal El Culebrón, en la región de Coquimbo ofreció mitigación ante el tsunami del año 2015, sus suelos arenosos y caules amortiguaron la fuerza de las olas. Sin embargo, las especies endémicas de la zona resultaron dañadas (Notaroja, 2020).

Bosque de algas

No se encontraron referentes sobre como integrar sistemas de macroalgas en infraestructura verde de mitigación, pero existen ejemplos relevantes sobre como conservar y restaurar estos permitiendo la continuidad de sus servicios ecosistémicos en el tiempo. Estos se basan en la construcción de arrecifes de algas artificiales que promueven el crecimiento de estas y contrarrestan los efectos negativos de la extracción y el cambio climático.

En la bahía de Tosa en Japón, bloques trapezoides de hormigón de 2x1,2x1m³ fueron instalados en profundidades desde los 3 a los 10m, estos propiciaron el crecimiento de las algas locales aumentando considerablemente su biomasa (Jung et al, 2022).

Aprendizajes

De este análisis se desprenden los siguientes puntos importantes:

1. La conservación y restauración de los elementos naturales del paisaje es la base para el planteamiento de sistemas de infraestructura verde.
2. Los elementos del paisaje se utilizan en conjunto para potenciar la efectividad de sus servicios ecosistémicos de regulación ante catástrofes.
3. Sistemas de infraestructura gris pueden ser integrados como refuerzo cuando elementos naturales no logran entregar la rigidez necesaria.

O3 – Etapa 2: estrategias de diseño

Basado en los aprendizajes anteriores se propondrán estrategias de diseño que integren los elementos del paisaje previamente analizados, enfocándose en sus servicios ecosistémicos de regulación. El objetivo es desarrollar un sistema de infraestructura de mitigación que permita coexistir en la costa, minimizando los riesgos asociados y potenciando la identidad local.

- **Restauración de elementos naturales:** se analiza posible disminución en la capacidad de los elementos del paisaje para brindar servicios ecosistémicos. Diversas acciones humanas, como la contaminación o la sobreexplotación, pueden

causar su pérdida parcial o total. Por ello, tras evaluar dicha capacidad, es necesario buscar formas de restaurarlos.

- Dunas, playa y marisma: limpieza de microbasurales, erradicación especies invasivas dañinas, reintroducción de especies nativas rastreras, arbustos y árboles.
- Cerro El Morro: reintroducción de especies nativas.
- **Sistema por franjas:** se plantea un sistema por franjas que permita a los elementos del paisaje funcionar en conjunto en un sistema de infraestructura verde, de esta manera potenciando su capacidad de mitigación. El sistema está pensado para ir disipando la velocidad y flujo de las olas por etapas.
 - Zona marina: introducción de arrecifes artificiales y plantación de macroalgas, como el pelillo, luche o luga.
 - Zona terrestre:
 - Playa, reintroducción de plantas rastreras.
 - Duna, reintroducción árboles nativos como el boldos, quillayes, maitenes y peumos, además de arbustos nativos como la murtilla, michay, chilca, colliguay y maquis. Con estos se creará un bosque denso que funcione como un escudo natural.
 - Zona Humedal
 - Marisma, reintroducción de arbustos y arboles nativos.
 - Estuario, introducción de arrecifes artificiales y plantación de macroalgas tras zona de atraque de lanchas con finalidad de disipar posible oleaje encausado hacia la ciudad por canal Ifarle.

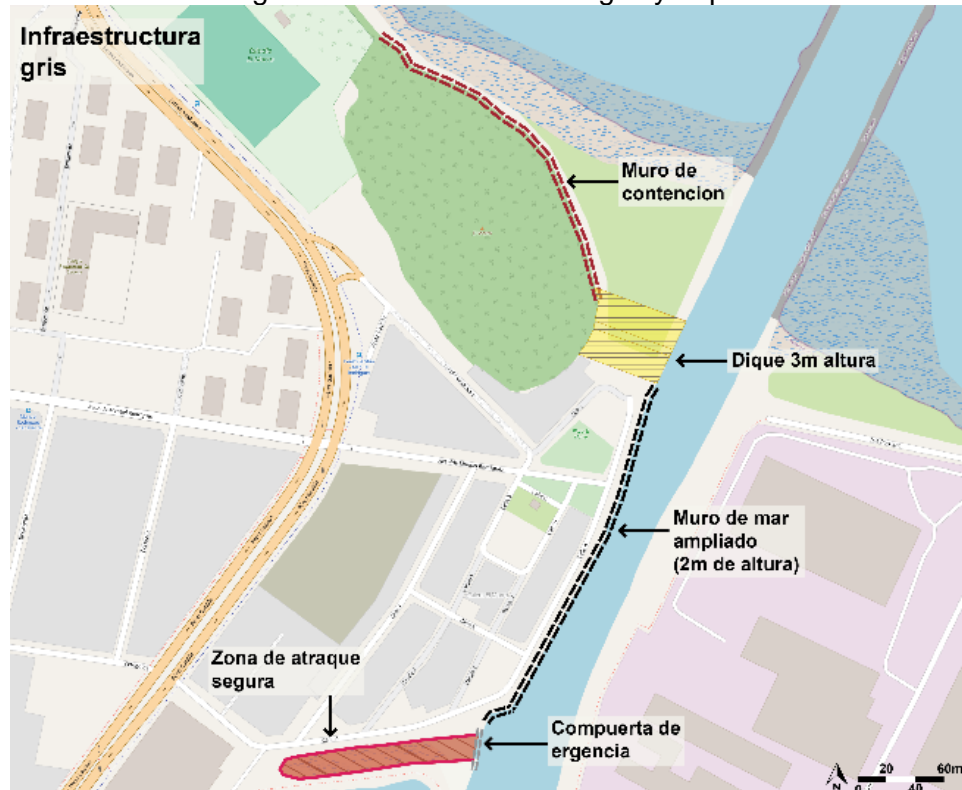
Figura N°22. Posicionamiento de franjas.



Fuente: elaboración propia, base de openstreetmap.

- **Refuerzo mediante infraestructura gris:** se incorporan elementos grises para mitigar riesgos que no pueden ser abordados por sistemas verdes.
 - Muro de contención en cerro El Morro para disminuir erosión costera.
 - Compuerta de emergencia en varadero, protege los botes en caso de encausamiento de olas por canal Ifarle.
 - Rompeolas ampliado en muelle, se eleva la altura de muro borde mar para adecuarse a la profundidad de inundación del tsunami 2010.

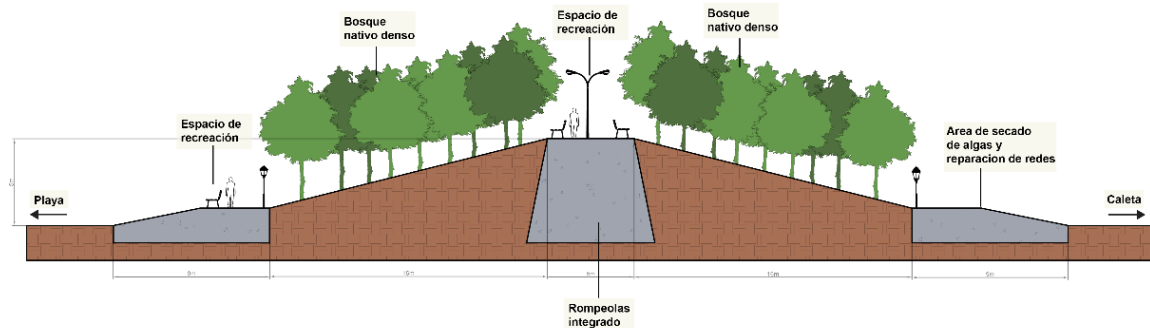
Figura N°23. Infraestructura gris y dique.



Fuente: elaboración propia.

- **Limitación de riesgos asociados a elementos naturales:** la proximidad de la caleta a elementos naturales como el cerro El Morro y el canal Ifarle generan ciertas problemáticas al juntarse con catástrofes costeras, ambos elementos tienen la capacidad de redireccionar y encausar oleaje, hacia la caleta por lo que se plantea infraestructura que mitiguen estos riesgos.
 - Dique verde El Morro, entre cerro El Morro y canal Ifarle se plantea un dique de dos pendientes con arboledas nativas densas (utilizando las mismas especies de las franjas), esto con la finalidad que disipen las olas hacia el canal en vez de hacerlas rebotar hacia la caleta. Se plantean además espacios recreativos, que potencien el turismo y relacionados a la pesca.

Figura N°24. Dique verde El Morro.



Fuente: elaboración propia.

- **Potenciar identidad:** al interactuar con la comunidad mediante las entrevistas se constata la importancia económica y cultural del borde costero y sus recursos para la comunidad, por lo que se enlazan la infraestructura de mitigación con las formas en las que los pescadores habitan el espacio.
 - Incorporación de algas recolectadas por pescadores en arrecifes artificiales: se plantea crear un área de manejo en la costa de la caleta donde los pescadores puedan desarrollar la acuicultura de las especies que extraen como el pelillo, ulte, luga, cochayuyo y luche, además de mariscos como la macha, la taca y la cholga, transformando el área de mitigación en una zona de producción económica.
 - Se incorporan espacios para secado de algas y reparación de redes en parte baja del dique hacia la caleta, dándole una función productiva además de mitigante.

10 DISCUSIÓN

A continuación, se presentará la discusión de los resultados obtenidos durante el desarrollo de los objetivos, la aplicabilidad de estos, sus limitaciones y proyecciones.

● **Objetivo 1: determinar elementos identitarios**

Alcances

Este objetivo se centra en analizar la percepción de los habitantes de la caleta El Morro sobre su identidad cultural y el impacto de los proyectos de reconstrucción post tsunami en 2010. Se buscaba establecer los espacios que los habitantes de la caleta consideraban importantes identitaria, económica y culturalmente. No abarca otros aspectos de la vida comunitaria, como la educación o la salud, enfocándose exclusivamente en el sentido de pertenencia y la valoración de los espacios compartidos.

Geográficamente se limita a los habitantes de la caleta El Morro. No incluye otras caletas ni áreas urbanas aledañas, ya que se busca comprender en profundidad la relación entre los habitantes y los espacios específicos de esta comunidad.

Se emplea una metodología cualitativa basada en entrevistas y mapas colaborativos para identificar los espacios de mayor valor para la comunidad. No se incluyen métodos cuantitativos, como encuestas o análisis estadísticos, ya que el enfoque está en comprender la percepción subjetiva de los habitantes.

Aplicabilidad

Considerando la Ley N° 20.500 sobre Asociaciones y Participación Ciudadana en la Gestión Pública, que promueve una participación ciudadana real y efectiva en el desarrollo de proyectos, se considera que la metodología aplicada se puede utilizar como base en la fase de consultas ciudadana de proyectos urbanos donde los habitantes tengan una estrecha relación identitaria con el territorio.

Las organizaciones comunitarias basadas en la caleta pueden aprovechar los resultados que demarcan espacios importantes en el territorio a la hora de postular a fondos concursables, en diversos proyectos tanto municipales como ministeriales como los de INDESPA. También estos pueden ser presentados en instancias de participación ciudadana en proyectos públicos para que puedan demostrar con bases cuáles son sus espacios de importancia e identidad. Esto generaría nuevas fuentes de ingresos sin comprometer los espacios importantes para la comunidad.

Otros investigadores pueden utilizar esta investigación como base para comparar el nivel de arraigo y los espacios identitarios y de importancia de los habitantes de diferentes caletas. Mediante esta comparativa se podría entender más claramente las dinámicas de arraigo y uso de espacios en zonas costeras.

Limitaciones

Se presentaron las siguientes limitaciones en el desarrollo de este objetivo:

- La falta de alfabetización digital en la comunidad y el acceso limitado a internet dificultó la implementación de herramientas digitales para la recolección de datos, obligando a recurrir a métodos tradicionales que tomaron más tiempo.
- El bajo interés en participar en las entrevistas por parte de la comunidad, aun tras la entrega de folletos y difusión por redes sociales alargó el proceso. Conversaciones con la directiva de la junta de vecinos señaló que esta falta de interés se observa también en otras actividades, como talleres o reuniones con instituciones (por ejemplo, SERNAPESCA).

- La coordinación con la junta de vecinos tomó más tiempo de lo previsto, lo que retrasó el desarrollo de este objetivo en más de un mes.
- Debido a la escasa asistencia y los retrasos, fue necesario cambiar la metodología de grupos focales específicos (focus groups) a entrevistas generales, para llegar a un mayor número de personas.
- La muestra de participantes se compuso principalmente de adultos mayores, lo que puede haber sesgado los resultados, ya que no se incluyó una representación suficiente de otros grupos etarios, como los jóvenes o adultos en edad laboral, quienes podrían tener una perspectiva diferente sobre el tema de estudio

Proyecciones

Los resultados indican que los espacios compartidos, como el muelle y la plaza, son fundamentales para los habitantes de la caleta. Estos hallazgos podrían influir en planes de desarrollo urbano que aseguren la preservación de la identidad local, manteniendo estos espacios accesibles y en óptimas condiciones.

Los resultados sobre la incorporación de los habitantes en de los proyectos de reconstrucción post tsunami demarcan la necesidad de crear verdaderas instancias colaborativas con los habitantes que vaya más allá de informar. Se propone un modelo de reconstrucción que incorpore la participación ciudadana desde la etapa del diseño para poder plantear proyectos que respeten la identidad cultural de las comunidades afectadas, como lo que se plantea en el objetivo 3.

Dado que los mapas colaborativos y las preguntas fueron efectivos para identificar espacios de valor cultural y económico, se proyecta la posibilidad utilizar esta metodología en otros proyectos urbanísticos que trabajen con comunidades con una identidad marcada.

Los resultados pueden servir como base para las diferentes organizaciones sociales que se encuentran en la caleta y pueden ser incorporadas en futuras postulaciones a fondos concursables o instancias de participación ciudadana en proyectos ubicados en la caleta o sus cercanías.

- **Objetivo 2: análisis de elementos naturales**

Alcances

El análisis se centró en identificar los elementos naturales del paisaje en el área de caleta El Morro que podrían ser integrados en infraestructura verde para mitigar riesgos de desastres naturales costeros. Este objetivo examina tanto los servicios ecosistémicos que estos elementos brindan a la comunidad como su estado de conservación actual. Esto se hizo mediante análisis bibliográficos y mediante observaciones de campo. Se realizó en un periodo de dos semanas, comenzando la primera semana por el análisis de bibliografía y seguido las visitas de campo.

La metodología plantea en este objetivo establece que el análisis incluye solo los elementos naturales presentes en el área colindante de la caleta, por lo cual no es un análisis comprensivo de todos los elementos naturales presentes en Talcahuano.

Aplicabilidad

Los resultados de este análisis pueden aplicarse en planes de políticas públicas que buscan integrar infraestructura verde en la planificación urbana costera de Talcahuano y áreas circundantes. Los hallazgos pueden ser utilizados para mejorar las políticas de uso de terrenos costeros, buscando la conservación y restauración de elementos naturales como las dunas y los bosques costeros para proteger a las comunidades locales de desastres naturales.

Este análisis puede ser implementado en proyectos de infraestructura verde diseñados para mitigar riesgos costeros, como tsunamis y marejadas. La identificación de elementos naturales clave, como las dunas y los estuarios, permite integrar estos recursos naturales en estrategias de protección, lo que puede ser útil para la reconstrucción y el diseño de zonas costeras más resilientes.

Limitaciones

En el caso de no haber información académica de los elementos naturales en el paisaje estudiado y sus servicios ecosistémicos, este objetivo debería cambiarse a la metodología de observación directa en campo, que permita al investigador recopilar la información necesaria para determinar los servicios ecosistémicos presentes en el territorio. Por otro lado, problemas de acceso al territorio puede dificultar el determinar deterioros a menor escala en el estado de conservación de los elementos, como introducción de especies dañinas o la presencia de microbasurales. Durante el desarrollo específico no se sufrió de estas limitaciones, pero puede surgir al intentar aplicar esta metodología en otras áreas de estudio.

Mis limitantes profesionales me impiden hacer una cuantificación exacta del nivel de conservación de los elementos naturales y como esto afecta el nivel en el que brindan sus servicios ecosistémicos.

Proyecciones

Al comprobarse que los elementos del paisaje presentan servicios ecosistémicos que reducen los efectos de las olas en casos de desastres naturales, se recomendaría integrarlos en los proyectos urbanos para conservar sus propiedades regulatorias. Si en los próximos años, se proyectara la implementación de infraestructura verde en Talcahuano, aprovechando los servicios ecosistémicos de los elementos naturales de la zona. Los resultados de este objetivo serían útiles al analizar una gran cantidad de estos elementos presentes en la zona.

Se proyecta la posibilidad de realizar estudios específicos para evaluar la efectividad de distintas combinaciones de elementos naturales y sistemas grises en la reducción de daños por fenómenos naturales en comunidades costeras.

Surge la posibilidad de estudios subsecuentes que profundicen en la limitación de la capacidad de los elementos naturales para brindar servicios ecosistémicos, debido a su estado de conservación, proponiendo metodologías que faciliten la cuantificación de esto.

Dado el éxito de los mapas colaborativos para identificar espacios de relevancia cultural y económica en la caleta, se proyecta mejorar esta metodología e implementarla en estudios similares en diferentes contextos geográficos.

Objetivo 3: estrategias de diseño

Alcances

El estudio se centra en plantear estrategias de diseño para infraestructura verde incorporando los espacios de importancia para los habitantes de la caleta y los servicios ecosistémicos presentes en los elementos del paisaje costero analizados en el objetivo anterior esto buscando la mitigación de desastres naturales como tsunamis. Para esto se parte con un análisis de referentes donde se incorporen los elementos del paisaje con servicios ecosistémicos de regulación que disminuyan la intensidad de catástrofes costeras.

Las estrategias de diseño propuestas para la mitigación de desastres naturales en esta tesis se plantean con el propósito de ser replicables en otras caletas pesqueras y comunidades costeras vulnerables. El enfoque metodológico y los ejemplos prácticos, como

el uso de dunas, humedales y cerros pueden ser adaptados a diferentes contextos con el fin de mejorar la resiliencia de otras regiones ante catástrofes naturales.

Se plantea que los sistemas de infraestructura verde pueden generar beneficios tanto sociales como económicos para la población local, mejorando la seguridad ante desastres naturales sin comprometer las actividades pesqueras tradicionales. Además, se evalúa cómo estas infraestructuras pueden generar oportunidades económicas, como la creación de áreas de acuicultura y el aprovechamiento de recursos naturales (algas y mariscos) en los arrecifes artificiales. De esta forma, la tesis propone una integración de actividades productivas con la infraestructura de mitigación, promoviendo el desarrollo económico local y una mayor resiliencia ante catástrofes naturales.

Aplicabilidad

La propuesta de estrategias de diseño para infraestructura verde, basada en la restauración y conservación de los elementos naturales del paisaje, puede aplicarse en zonas costeras vulnerables a tsunamis y marejadas. La integración de dunas, playas, humedales y cerros en un sistema de infraestructura verde puede implementarse en otras caletas pesqueras y áreas costeras para mejorar la seguridad y resiliencia ante desastres naturales, promoviendo al mismo tiempo la conservación de la biodiversidad local.

La implementación de sistemas de infraestructura verde, como los arrecifes artificiales, ofrece un enfoque integral que no solo mejora la seguridad costera, sino que también tiene un gran potencial para ser implementada en proyectos como en “Aumento de la Competitividad de Caletas del Biobío” del gobierno regional para generar oportunidades económicas sostenibles. Estos arrecifes fomentan el crecimiento de algas y mariscos, lo que abre la posibilidad de crear nuevas zonas de acuicultura que puedan ser aprovechadas para actividades productivas, como el cultivo y la recolección de recursos marinos. Este modelo no solo proporciona una fuente adicional de ingresos para las comunidades pesqueras locales, sino que también potencia la identidad local.

Estrategias de diseño como potenciar la identidad local mediante el diseño, pueden incorporarse en diferentes tipos de proyectos urbanos tanto en la caleta El Morro como en otras localidades donde se encuentre una población con fuertes lazos identitarios al territorio para potenciar espacios culturales/económicos de vital importancia para los habitantes.

Limitaciones

Metodológicamente para el desarrollo correcto de este objetivo es necesario que los primeros dos objetivos se puedan desarrollar de manera adecuada, o sea, tener información de los espacios identitarios e importantes para las comunidades donde se busca plantear el proyecto y conocer los elementos naturales su capacidad para brindar servicios ecosistémicos, además claro está de tener los conocimientos técnicos para integrar estos en lineamientos de diseño. Durante esta investigación no hubo problemas al desarrollar este objetivo.

Geográficamente para la replicación de estas estrategias de diseño es necesario que existan elementos del paisaje que puedan brindar servicios ecosistémicos de regulación que logren mitigar las catástrofes naturales presentes, por lo cual no es una medida que pueda implementarse en todo lugar para todo tipo de catástrofe.

Proyecciones

Se recomienda incorporar las estrategias de diseño planteadas en este objetivo en los proyectos urbanos desarrollados en la zona de la caleta El Morro, como el proyecto "El

Sueño de Nuestra Caleta" (Aumento de la Competitividad de Caletas del Biobío). La integración de infraestructura verde y la restauración de elementos naturales en estos proyectos contribuirá de manera significativa al desarrollo sostenible de la zona.

Se proyecta que estas estrategias de diseño no solo mejorarán la resiliencia de la caleta frente a desastres naturales como tsunamis y marejadas, sino que también fortalecerán la conservación de los elementos naturales locales. Los sistemas de mitigación basados en la infraestructura verde, como los diques verdes y las franjas de vegetación nativa, ofrecerán un doble beneficio: protección frente a eventos extremos y fortalecimiento del entorno natural.

La implementación de estas estrategias permitirá crear una caleta más resiliente y sostenible, lo que beneficiará a la comunidad local, potenciando la identidad costera mediante la integración de especies recolectadas por los pescadores en las franjas de macroalgas creando una economía más fuerte basada en la pesca sustentable.

A largo plazo, la integración de estas estrategias de diseño podría servir de modelo para otras caletas en la región del Biobío, demostrando cómo los proyectos urbanos pueden ser diseñados para equilibrar la protección costera, el desarrollo económico y la preservación ambiental, garantizando la sostenibilidad de la zona a futuro.

11 CONCLUSIONES

Las preguntas de investigación se respondieron exitosamente a través del desarrollo y hallazgo de los objetivos específicos: el objetivo 1 respondió a la pregunta 1, y los objetivos 2 y 3 respondieron a la pregunta 3. A continuación se resumirán los hallazgos de estos objetivos y se explicará como mediante estos se ratificó la hipótesis.

1. El desarrollo del objetivo específico 1 se considera exitoso debido a que se reconoce que los elementos naturales presentes en el contexto inmediato de la caleta El Morro presentan la capacidad de brindar servicios ecosistémicos de regulación que mitigan catástrofes costeras como tsunamis y marejadas. Estos son recursos invaluableles que permiten el planteamiento de sistemas de infraestructura verde de mitigación que permiten compatibilizar las costumbres identitarias de los habitantes de la caleta con los riesgos costeros.
2. El desarrollo del objetivo específico 2 se considera exitoso debido a que el proceso de entrevistas y cartografías colaborativas llegó a un nivel de entendimiento claro sobre que espacios y elementos naturales son importantes para los habitantes de la caleta, se entiende la gran importancia que se le da a los espacios de trabajo, como el muelle y a los elementos naturales que se extraen como los mariscos y algas y de donde se extraen.
3. Al completarse los primeros dos objetivos específicos de manera exitosa, se pudo continuar con el tercero, el planteamiento de las estrategias de diseño. Se logró plantear soluciones basadas en los elementos naturales presentes y sus servicios ecosistémicos que permiten la mitigación de los riesgos asociados a la costa potenciando la identidad de los habitantes mediante la integración de los espacios de importancia tanto económica como cultural en el sistema de infraestructura, por lo que el desarrollo de este objetivo se considera un éxito.

Entonces, se considera que la hipótesis proyectual se ratificó, ya que existen maneras de implementar los servicios ecosistémicos de los elementos del paisaje de la caleta El Morro en sistemas de infraestructura verde de mitigación de manera que se conserve su identidad costera. Inclusive, se plantea que se pueden incorporar los espacios y actos identitarios dentro de una comunidad en los sistemas de mitigación de manera que estos puedan ser potenciados, como se ejemplificó mediante la utilización de bosques de macroalgas en conjunto a zonas de acuicultura, o el incorporar zonas de sacado de algas y reparación de redes en el dique.

Además de la ratificación de la hipótesis proyectual, mediante el desarrollo de los objetivos se llega a dos hallazgos que no se habían considerado antes de la realización de esta investigación:

- Incorporación de bosques de macroalgas: aunque no existen referentes específicos, se ha identificado que los bosques de macroalgas pueden ser parte de la infraestructura verde de mitigación. Su capacidad para reducir la fuerza del oleaje costero cuenta con respaldo académico, y los sistemas de acuicultura basados en arrecifes artificiales demuestran su eficacia al incrementar notablemente la presencia de algas en una zona.
- Potenciación de identidad y economía local: los sistemas de infraestructura verde de mitigación pueden fortalecer la identidad y dinamizar la economía local al incluir espacios o prácticas significativas para las comunidades.

Se espera que mediante esta ratificación se ponga en valor la importancia de los elementos naturales del paisaje tales como la vegetación nativa, los humedales y las dunas

costeras debido a su rol ecológico como elementos reguladores de riesgos costeros y cultural para los pescadores artesanales.

Se estima que las estrategias de diseño planteadas pueden ser aplicadas en diferentes tipos de proyectos urbanos permitiendo la compatibilización de estos con los riesgos costeros sin socavar las identidades locales. Como en proyectos asociados a programas como “Aumento de la competitividad de las caletas pesqueras del Biobío” que buscan promover el desarrollo sustentable en las caletas, pero plantean tensiones entre zonas de extracción y turismo. Aplicar una metodología como la que se presenta en esta investigación que parte desde opinión del habitante podría evitar esas tensiones.

Finalmente, se estima que la investigación se desarrolló de manera exitosa, los únicos percances encontrados fueron a la hora de coordinarse con las asociaciones sociales de la caleta, por lo cual se recomienda que sea el primer paso que se debe tomar si se plantean proyectos con etapas de codiseño. Además, se estima que mediante un equipo interdisciplinario se pueden llegar a una mayor profundidad de desarrollo en áreas profesionales que no son de mi especialidad como la cuantificación del impacto de la degradación de los elementos naturales en la capacidad de brindar servicios ecosistémicos o el porcentaje de reducción de energía que los sistemas de mitigación planteados entregan.

Se considera complementar esta investigación con aproximaciones más cuantitativas que permitan la cuantificación de los impactos de la degradación de elementos naturales en sus capacidades de brindar servicios ecosistémicos. También la cuantificación del nivel de mitigación que los diferentes sistemas basados en plantas nativas pueden brindar, al no encontrarse información concisa de esto.

12 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARTEAGA A., y UGARTE C.(2015). Identidades en emergencia: la otra cara de la reconstrucción. El caso de Chaitén. *Magallania*, 43(3),107-123
<https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=50643662009>
2. Barros, S. y Gutiérrez M.,(2011). Control y forestación de dunas costeras en Chile. *Ciencia e Investigación Forestal*, CIFOR, v.17:n1. páginas 41-62.
3. Benedict, M., & McMahon, E. (2006). *Green Infrastructure: Linking Landscapes and Communities*. Island Press.
4. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile [BCN]. Ley N°21.027. Aprobada el 28 de septiembre de 2017 (Chile)
5. Buzási, A., Csizovszky, A. (2023) Urban sustainability and resilience: What the literature tells us about “lock-ins”?. *Ambio* 52, 616–630
<https://doi.org/10.1007/s13280-022-01817-w>
6. Campos K., Vergara F. ,Palacios P., Salgado C., Aracena M., Lazo M. y Moncada J (2022). Exposición a amenazas y vulnerabilidad: parte 1 La continua emergencia en los campamentos en Chile <https://ceschile.org/wp-content/uploads/2022/08/Informe-Riesgos-Parte-1.pdf>
7. Campos, R. (2016). *Análisis de marejadas históricas y recientes en las costas de Chile*.
8. Cartes, A. (2018). Terremotos y Tsunamis como fuerzas modeladoras en la historia de Concepción. Ed. Aránguiz, R. (Ed.) *Tsunamis en la Región del Biobío desde una mirada multidisciplinaria* (pp. 21-49). Ediciones UCSC.
9. Castells, M. (2010). *The Power of Identity* (2nd ed.). Malden, MA: Wiley-Blackwell.
10. Castillo, E. (2013). Evaluación de vulnerabilidad ante tsunami en Chile Central. Un factor para la gestión local del riesgo. *Revista geográfica venezolana* 54(1). 47-65. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5330700>
11. CNDT (08 del 12 de 2021). Actualización #SIEDU: Un millón y medio de personas viven en zonas urbanas de alta recurrencia de incendios forestales. *Consejo Nacional de Desarrollo Territorial*. <https://cndu.gob.cl/actualizacion-siedu-un-millon-y-medio-de-personas-viven-en-zonas-urbanas-de-alta-recurrencia-de-incendios-forestales/>
12. Contreras, M. y Winckler, P. (2013). Pérdidas de vidas, viviendas, infraestructura y embarcaciones por el tsunami del 27 de Febrero de 2010 en la costa central de Chile. *Obras y proyectos*, (14), 6-19. <https://dx.doi.org/10.4067/S0718-28132013000200001>
13. Ellis, P., Page, A., Wood, S. et al. (2024). The principles of natural climate solutions. *Nat Commun* 15, 547 <https://doi.org/10.1038/s41467-023-44425-2>

14. EMDAT (2017). The International Disaster Database, Centre for Research on the Epidemiology of Disasters, School of Public Health, Université Catholique de Louvain.
15. EPA (2024). *La importancia de la protección de las playas* <https://espanol.epa.gov/espanol/la-importancia-de-la-proteccion-de-las-playas>
16. EPA (2024). *Los estuarios*. <https://espanol.epa.gov/espanol/los-estuarios#:~:text=proteger%20los%20estuarios%3F,%C2%BFQu%C3%A9%20es%20un%20estuario%3F,de%20agua%20dulce%20a%20salada.>
17. EPA (2024) *Classification and Types of Wetlands*. <https://www.epa.gov/wetlands/classification-and-types-wetlands>
18. European Commission (2013). *Infraestructura verde: mejora del capital natural de Europa. Comunicación de la Comisión al Parlamento Europeo, al Consejo, al Comité Económico y Social Europeo y al Comité de las Regiones*.
19. Giraud Herrera, L., y Rinaldi Villegas, A. (2014). *Diseño Urbano y Gestión de Riesgo. Medidas de Mitigación y Prevención para el caso de Tsunamis. Provincia*, 1(32), 43-70.
20. González, V. y Guerrero, R. (2020). *Habitus socio-espacial en comunidades costeras bajo el contexto neoliberal. El caso de caleta el morro de Talcahuano*. *Urbano*, 23(42), 56-65. <https://dx.doi.org/10.22320/07183607.2020.23.42.05>
21. Hans P., Intveen P. (2016) *Borde costero resiliente: aprendizaje post-27F para el norte grande de Chile. Procesos Urbanos* 1 (3), 24 - 37.
22. Ilabaca, P. (1980). *Evolución de la Costa de Concepción : el caso de las bahías de Concepción y San Vicente. Biología Pesquera*.
23. Inagaki, et al (2017). *Combined mitigation effects of forest hill and seawall against tsunami*. https://www.researchgate.net/publication/312575819_COMBINED_MITIGATION_EFFECTS_OF_FOREST_HILL_AND_SEAWALL_AGAINST_TSUNAMI
24. Jacobs, J. (1961). *The Death and Life of Great American Cities*.
25. Jaque E., Contreras, A., Ríos, R., y Quezada, J. (2013). *Evaluación de vulnerabilidad ante tsunami en Chile Central. Un factor para la gestión local del riesgo. Revista Geográfica Venezolana*, 54(1), 47-65.
26. Jung S, et al. (2022) *Artificial Seaweed Reefs That Support the Establishment of Submerged Aquatic Vegetation Beds and Facilitate Ocean Macroalgal Afforestation: A Review. Journal of Marine Science and Engineering*; 10(9):1184. <https://doi.org/10.3390/jmse10091184>

27. Lagos, M.; Cisternas, M.; Mardones, M. (2008) Construcción de Viviendas Sociales en Áreas de Riesgo de Tsunami. *Revista de la Construcción*, 7 (2) pp. 4-16
<https://www.redalyc.org/pdf/1276/127612584001.pdf>
28. Ley 21364 de 2021. Establece el sistema nacional de prevención y respuesta ante desastres, sustituye la oficina nacional de emergencia por el servicio nacional de prevención y respuesta ante desastres, y adecúa normas que indica. 27 de julio de 2021.
29. Link O, et al (2019) A paleo-hydro-geomorphological perspective on urban flood risk assessment. *Hydrological Processes*. 1(33) pp. 3169–3183. <https://doi.org/10.1002/hyp.13590>
30. Lipp, D. (2018) Ciudades resilientes. *Actas Congreso Internacional de Geografía - 79º Semana de la Geografía*
31. López, F., y Pérez, J. (2016). *Combined mitigation effects of forest hill and seawall against tsunami*.
https://www.researchgate.net/publication/312575819_COMBINED_MITIGATION_EFFECTS_OF_FOREST_HILL_AND_SEAWALL_AGAINST_TSUNAMI
32. Lunghino, A., et al (2024). *Leveraging Google's Tensor Processing Units for tsunami-risk mitigation planning in the Pacific Northwest and beyond*.
https://www.researchgate.net/publication/367558467_Leveraging_Google%27s_Tensor_Processing_Units_for_tsunami-risk_mitigation_planning_in_the_Pacific_Northwest_and_beyond
33. Lynch, K. (1960). *The Image of The City*.
34. Lynch, K. (1987). *Good City Form*.
35. Maderuelo, J. (2010). El paisaje urbano. *Estudios Geográficos*, 71(269), pp. 575–600. <https://doi.org/10.3989/estgeogr.201019>
36. Magdaleno, F., Cortés, F. y Martín, B. (2018). Infraestructuras verdes y azules: estrategias de adaptación y mitigación ante el cambio climático. *Green and Blue Infrastructures: Adaptation and Mitigation Strategies to Climate Change*. 1(191)pp.105-112.
37. Marcucci, D. (2014). Coastal resilience: new perspectives of Spatial and productive development for the Chilean caletas Exposed to Tsunami Risk. *Procedia Economics and Finance*, 1(14), pp, 39-46. DOI: [https://doi.org/10.1016/S2212-5671\(14\)00911-3](https://doi.org/10.1016/S2212-5671(14)00911-3)
38. Marois, D., & Mitsch, W. (2015). Coastal protection from tsunamis and cyclones provided by mangrove wetlands – A review. *International Journal of Biodiversity Science, Ecosystem Services & Management*, 11, 71–83.
<https://doi.org/10.1080/21513732.2014.997292>

39. Martínez, C. (2014) Factores de vulnerabilidad y reconstrucción posterremoto en tres localidades costeras chilenas: ¿generación de nuevas áreas de riesgo?. *Bulletin de l'Institut français d'études andines*, 43 (3)pp. 529-558. <https://doi.org/10.4000/bifea.5956>
40. Martínez, M., & Psuty, N. P. (2004). Coastal dunes volume II: A perspective on coastal dunes. *Ecological Studies*, 171, 3–10.
41. McGoodwin, J. 2002. Comprender las culturas de las comunidades pesqueras. Clave para la ordenación pesquera y la seguridad alimentaria. Documento Técnico de Pesca N° 401, FAO, Roma.
42. Meerow S., Newell J., Stult M. (2016) Defining urban resilience: A review, *Landscape and Urban Planning*. Volume 147 ,pp. 38-49, <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2015.11.011>.
43. MMA (2019). Determinación del RIESGO de los IMPACTOS del CAMBIO CLIMÁTICO en las costas de Chile. <https://cambioclimatico.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2020/04/2019-09-23-Informe-V01-CCCostas-Amenazas-Rev1.pdf>
44. MMA (2019). *Volumen 1: Amenazas en “Determinación del riesgo de los impactos del Cambio Climático en las costas de Chile”*.
45. MMA (s.f.) *Servicios Ecosistémicos*. Ministerio del Medio Ambiente. <https://mma.gob.cl/servicios-ecosistemas/#dos>
46. MMA. (s.f.). *Praderas de algas (ADDCBIT)*. *Atlas de Cambio Climático de Chile*. https://arclim.mma.gob.cl/atlas/view/praderas_algas_addcbit/
47. Morales Muñoz, R., (2010). Terremoto y tsunami del 27 de febrero de 2010. Efectos urbanos en localidades de la provincia de Arauco. *Urbano*, 13(22), pp. 43-62.
48. Moussard, M. (2010). Prácticas, conocimientos territoriales y mecanismos de supervivencia en la Caleta el Morro de Talcahuano. VII Congreso Chileno de Antropología.
49. Moussard, M., et. alt (2013). Caleta El Morro de Talcahuano: Supervivencia de una comunidad pesquera al tsunami de 2010 en Chile. *Revista Márgenes*, Vol 10 (13) pp. 69 -78
50. Shaw R., Noguchi, Y., Ishiwatari, M. (2012). Green Belts and Coastal Risk Management”. World Bank Other Operational Studies. http://wbi.worldbank.org/wbi/Data/wbi/wbicms/files/drupal-acquia/wbi/drm_kn2-8.pdf
51. Notaroja (2020, septiembre 17). A 5 años del terremoto: MINVU define plan urbano y de vivienda con medidas de mitigación en Coquimbo. <https://notaroja.cl/region/a-5-anos-del-terremoto-minvu-define-plan-urbano-y-de-vivienda-con-medidas-de-mitigacion-en-coquimbo/>

52. Ortiz, J. (2020). La cruzada para recuperar al humedal Rocuant-Andalién, el guardián de la bahía de Concepción. CEDEUS. <https://www.cedeus.cl/blog/2020/05/21/la-cruzada-para-recuperar-al-humedal-rocuant-andalien-el-guardian-de-la-bahia-de-concepcion-que-es-asfixiado-por-la-ciudad/>
53. Pinilla et al (2013) Antecedentes sobre uso de barreras vegetales en borde costero.
54. Ramírez, A. (2018). La imagen devocional frente al desastre natural: una aproximación a los usos y funciones de la escultura religiosa en Cartago según fuentes históricas del siglo XVIII. Cuadernos Inter.c.a.mbio sobre Centroamérica y el Caribe, 15(2), 45-63. <https://dx.doi.org/10.15517/c.a..v15i2.34640>
55. RAMSAR (2016). Humedales: una protección natural frente a los desastres https://www.ramsar.org/sites/default/files/fs_9_drr_esp_30j.pdf
56. Real academia española(2014) Infraestructura. *Diccionario de la lengua española*.
57. Resumen (13 jun 2010) Población Santa Clara: El fracaso total de la Reconstrucción. Resumen <https://resumen.cl/articulos/poblacion-santa-clara-el-fracaso-otal-de-la-reconstruccion>
58. Rodrigo, D., Fabiola, M. , Cristian, M , Portela, D., y Retamales, Á. (2015). *Estudios sociales del mar, regiones costeras y sus recursos. Identidad, territorio y economía política*. <https://bibliotecadigital.academia.cl/items/25b41e38-662e-4412-a8bd-587243de49b1>
59. Rojas, C; Munizaga, J; Rojas, O; Martínez, C y Pino, J. (2019) Urban development versus wetland loss in a coastal Latin American city: Lessons for sustainable land use planning. *Land Use Policy* 1(80), 47-56.
60. Rojas, et al (2022). Assessment of the flood mitigation ecosystem service in a coastal wetland and potential impact of future urban development in Chile.
61. Rojas, O. (2015). Cambios ambientales y dinámica de inundaciones fluviales en una cuenca costera del centro sur de Chile. [Tesis para optar al título de Doctorado en Ciencias Ambientales Mención Sistemas Acuáticos Continentales, Universidad de Concepción]
62. Rojas, O. y Martínez , C. (2011). Riesgos naturales: evolución y modelos conceptuales. *Revista Universitaria de Geografía*, 20(1), 83-116. http://www.scielo.org.ar/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1852-42652011000100005&lng=es&tlng=es.
63. Rojas, O., & Martínez , C. (2011). Riesgos naturales: evolución y modelos conceptuales. *Revista Universitaria de Geografía*, 20(1), 83-116.

64. Ruiz, Á. (2018). Notas para el estudio del paisaje. *UNES Universidad, escuela y sociedad*, 1(4), pp. 26-39. [<http://hdl.handle.net/10481/58837>]
65. Shaw R., Noguchi, Y., Ishiwatari, M. (2012). *Green Belts and Coastal Risk Management*. *World Bank Other Operational Studies*. http://wbi.worldbank.org/wbi/Data/wbi/wbicms/files/drupal-acquia/wbi/drm_kn2-8.pdf
66. Smale, A., et al. (2013). Threats and knowledge gaps for ecosystem services provided by kelp forests: a northeast Atlantic perspective. *Ecology and Evolution*, 3, 4016 - 4038.
67. Sousa, E. (2022). Análisis espacial metropolitano en ambientes antrópicos y originarios.
68. Turismo Talcahuano (s. f.) Caleta el Morro. Municipalidad de Talcahuano. <https://turismo.talcahuano.cl/circuitos/caleta-el-morro/>
69. Tzoulas, K., et. al. (2007). Promoting ecosystem and human health in urban areas using Green Infrastructure: A literature review. *Landscape and Urban Planning*, 81(3), 167-178.
70. Urbancost (2021). *Definición de límites e identificación de áreas prioritarias a restaurar del Sistema Humedal Rocuant-Andalién-Vasco Da Gama-Paicaví-Tucapel Bajo, comunas de Concepción, Hualpén, Talcahuano y Penco, Región del Biobío*. <https://gefhumedales.mma.gob.cl/wp-content/uploads/2021/08/INFORME-FINALc.pdf>
71. Vásquet, A. (2016) Infraestructura verde, servicios ecosistémicos y sus aportes para enfrentar el cambio climático en ciudades: el caso del corredor ribereño del río Mapocho en Santiago de Chile. *Revista de Geografía Norte Grande*, 63: 63-86
72. Wamsler, C.; Brink, E.; Rivera, C. Planning for climate change in urban areas: From theory to practice. *J. Clean. Prod.* 2013, 50, 68–81.
73. Wilches-Chaux, G. (1993). La vulnerabilidad global. Los desastres no son naturales
74. Winckler, P., Aguirre, C., Farías, L., Contreras-López, M., y Masotti, I. (2020). Evidence of climate-driven changes on atmospheric, hydrological, and oceanographic variables along the Chilean coastal zone. *Climatic Change* 163, 633–652. <https://doi.org/10.1007/s10584-020-02805-3>
75. Winckler, P., et al (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. DOI: 10.3856/vol45-issue4-fulltext-1.
76. Young, I., y Ribal, A. (2019). Multiplatform evaluation of global trends in wind speed and wave height. *Science* 364, 548–552. <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aav9527>

13 ANEXOS

Formato entrevista y cartografías colaborativas.

Entrevista a integrantes de la Junta de Vecinos N°16 El Morro: dimensión social caleta El Morro

Esta entrevista tiene por objetivo recolectar información sobre la dimensión social de la caleta El Morro, enfocándose en la identidad y percepción de los habitantes sobre sus principales características como espacio habitable. La finalidad es integrar los datos recogidos en la encuesta en el proceso de diseño de soluciones de infraestructura verde como parte del TFI Identidad y Riesgo en la Costa: Propuestas de Diseño para Caletas Pesqueras Vulnerables.

Objetivos

1. Definir características particulares de la caleta
2. Identificar lugares importantes de la caleta en relación con la identidad
3. Recolectar opiniones de habitantes sobre el proceso de reconstrucción post tsunami

Antecedentes básicos

Género	
Edad	
Ocupación	
Tiempo de residencia en la caleta	

ITEM I: Preguntas sobre identidad con la caleta

¿Considera que la caleta El Morro tiene elementos o espacios especiales que la diferencian del resto de la ciudad de Talcahuano? ¿Cuáles?

.....
.....

Nombre elementos importantes para la caleta (naturales o construidos)

.....
.....

¿Con cuales espacios de la caleta se identifica?

.....
.....

¿Cuáles son sus lugares favoritos? ¿Por qué?

.....

¿Qué elementos o espacios de la caleta no le gustan? ¿por qué?

.....

1. ¿Le gusta vivir aquí?
 - a) Si
 - b) No

c) Tal vez

2. ¿Se cambiaría de barrio si tuviera la oportunidad?

- a) Si
- b) No
- c) Tal vez

ITEM II: Preguntas sobre proceso de reconstrucción.

1. Vivía en la caleta en febrero del 2010

- a) Si
- b) No

2. ¿Conoce acciones realizadas para la reconstrucción de la caleta?

- a) Si
- b) No
- c) No sabe

3. ¿Se sintió incorporado en las decisiones de reconstrucción?

- d) Si
- e) No
- f) Un poco

4. ¿Cuáles son las principales medidas de mitigación/reconstrucción de la caleta?

.....
.....

5. ¿Cuáles medidas para la reconstrucción no fueron importantes?

1.....
2.....
3.....

6. ¿Qué otra medida para la reconstrucción/mitigación se podría haber realizado?

1.....
2.....
3.....

ITEM III: Identidad costera – Mapas sociales

En los mapas que se les entregaran marque:

1-Límite de la caleta, de donde a donde llega (en azul).



2-Identificar elementos, importantes para la caleta, ya sean naturales o construidos (en azul).



3-Identificar espacios económicos (En azul), como de extracción de recursos marinos y espacios culturales (En rojo).

