

EFECTOS DEL CAMBIO CLIMÁTICO EN LA ZONA URBANA TURÍSTICA Y COSTERA DE VIÑA DEL MAR: LEVANTAMIENTO DE DAÑOS PARA UNA INUNDACIÓN POR MAREJADAS Y PERCEPCIÓN DE SEGURIDAD^{1,2}

EFFECTS OF CLIMATE CHANGE ON THE URBAN TOURIST AND COASTAL AREA OF VIÑA DEL MAR: SURVEY OF DAMAGE FOR FLOODING BY STORM SURGE AND PERCEPTION OF SECURITY

Felipe Igualt³
Pontificia Universidad Católica
de Valparaíso
Valparaíso, Chile

Wolfgang Alejandro Breuer⁴
Universidad Andrés Bello
Viña del Mar, Chile

Manuel Contreras-López⁵
Universidad de Playa Ancha
Valparaíso, Chile

Carolina Martínez⁶
Pontificia Universidad
Católica de Chile
Santiago, Chile

Resumen

Las ciudades costeras afrontan actualmente diversas problemáticas debido a los efectos del cambio climático. En el caso de la ciudad de Viña del Mar, se visualiza un aumento en la frecuencia e intensidad de eventos de oleaje extremo, por lo que la zona costera será donde este problema tendrá una mayor visibilidad. Este trabajo analiza el impacto de un evento de marejadas en una localidad densamente poblada y visitada por turistas (sector avenida Perú, población Vergara, Viña del Mar), así como de la percepción de seguridad que tienen residentes y turistas ante esta problemática. Mediante el análisis de datos de marejadas históricas, levantamiento de daños de un evento significativo y una encuesta de percepción de seguridad, se destaca el impacto negativo que tienen estos eventos en la infraestructura urbana situada contigua a la línea de costa, incluyendo mobiliario urbano, residencias, servicios turísticos y automóviles. Se constata una percepción de seguridad negativa y una necesidad de adaptación de infraestructura para reducir vulnerabilidad. La infraestructura analizada no se ha adaptado al riesgo de inundaciones costeras. Esta situación advierte de la obsolescencia de tipologías predominantes, las cuales son constantemente afectadas tanto en el período estival como invernal. Finalmente, se discuten diversas opciones de adaptación de infraestructura, códigos de construcción, relocalización y uso de defensas blandas para reducir los efectos de futuros eventos de oleaje extremo.

Palabras clave

adaptabilidad; avenida Perú; Gran Valparaíso; oleaje extremo; zona costera

Abstract

Many coastal cities are dealing today with different problematics due to climate change. In the case of Viña del Mar, there is an increase in strong swell, making this a high visibility problematic zone. This work analyses the effects of recurrent and strong waves in urbanized coastal lands highly visited by tourists (Avenida Perú, Población Vergara, Viña del Mar), and the perception of security of inhabitants and tourists. By historical wave data analysis, a significant event survey, and a safety perception survey, this work highlights the negative impact of these events over the urban infrastructure located next to the coastal line, including urban furniture, residences, hotels, cars and stores in the last decades. A negative safety perception on infrastructure and coastal defenses performance was found, as well as a strong need to adapt the infrastructure to reduce vulnerability. The analyzed infrastructure has not been adapted to the risk of floods. This situation warns of the obsolescence of predominant typologies, which are constantly affected either in winter or summer times. Some solutions as the incorporation of new flood-adapted building typologies, relocate critical infrastructure and services, incorporate soft coastal defenses solutions, together with a reinforcement of codes, are discussed in order to reduce the effects of future extreme wind wave events.

Keywords

adaptability; coastal zone; extreme ocean waves; Great Valparaíso; Peru Avenue

FELIPE IGUALT · WOLFGANG ALEJANDRO BREUER · MANUEL CONTRERAS-LÓPEZ · CAROLINA MARTÍNEZ

Cómo citar este artículo: Igualt, F., Breuer, W., Contreras-López, M. y Martínez, C. (2019). Efectos del cambio climático en la zona urbana turística y costera de Viña del Mar: levantamiento de daños para una inundación por marejadas y percepción de seguridad. *Revista 180*, 44, (120-133).

[http://dx.doi.org/10.32995/rev180.Num-44.\(2019\).art-626](http://dx.doi.org/10.32995/rev180.Num-44.(2019).art-626)

DOI: [http://dx.doi.org/10.32995/rev180.Num-44.\(2019\).art-626](http://dx.doi.org/10.32995/rev180.Num-44.(2019).art-626)

Introducción

La costa de Chile central es predominantemente acantilada y abierta al oleaje. Las playas de arena o de rodados son poco extensas y limitadas a bahías de bolsillo (Paskoff, 2010). Muchas de ellas abiertas al Norte, como es el caso de la bahía de Valparaíso, donde se emplaza Viña del Mar. En esta costa se desarrollan diferentes actividades económicas de importancia regional y nacional, destacando el turismo.

En este contexto, la ciudad de Viña del Mar forma parte de uno de los principales conglomerados urbanos del país (Gran Valparaíso), que se destaca como destino turístico tanto a nivel nacional como internacional, donde el espacio costero ha sido intensamente urbanizado y se ha caracterizado por el elevado crecimiento poblacional de los últimos 30 años (Instituto Nacional de Estadísticas, INE, 2017; Muga y Rivas, 2009), alcanzando una población de 320.000 habitantes (INE, 2017). A ello se agrega la alta tasa de población flotante en verano y el turismo internacional, apoyada por una fuerte inversión en infraestructura hotelera, lo que la destaca como la capital del turismo nacional. Durante 2017, ingresaron al país unos 3,3 millones de turistas extranjeros, siendo la costa de Chile central un destino preferente, solo en febrero de 2017, 112.989 turistas la visitaron (Cámara Regional de Comercio y la Producción Valparaíso, CRCP, 2017).

Estos turistas aprovechan las diversas playas de arena y la infraestructura costera que posee Viña del Mar, para realizar diversas actividades de ocio y recreación en el litoral. Sin embargo, debido a su ubicación, las costas chilenas son propensas a recibir oleaje. En algunas ocasiones este alcanza alturas significativas extremas y se transforma en un fenómeno conocido popularmente en Chile como *marejadas*, que altera las actividades que se desarrollan en la costa, en particular, aquellas asociadas al turismo (para evitar accidentes se prohíbe el ingreso a ciertas zonas costeras y cuando las marejadas son extraordinarias pueden generar sobrepasos en áreas bajas). Las marejadas se definen como un levantamiento inusual del agua debido a la acción de una tormenta sobre la marea astronómica normal (Servicio Hidrogeográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile, SHOA, 1992). Por extensión el término también se aplica a mar de fondo con alturas de oleaje y períodos suficientemente grandes como para producir sobrepasos en zonas litorales urbanizadas. Este oleaje extremo puede provenir desde cinco fuentes de generación principales (Beyá et al., 2016):

- a) Núcleos de bajas presiones en las latitudes medias del hemisferio sur responsables del oleaje reinante.
- b) Núcleos de bajas presiones en latitudes medias del hemisferio norte responsables del mar de fondo del Noroeste.
- c) Núcleos de bajas presiones que generan mal tiempo y marejadas de mar de viento en Chile continental durante el invierno.
- d) Anticiclones que generan buen tiempo, viento y mar de viento del Sur-Suroeste.
- e) Tormentas tropicales en el Pacífico. Lo que se resume en oleaje proveniente principalmente del hemisferio sur en invierno, y del hemisferio norte en verano.

En los últimos años, se ha registrado un aumento considerable, tanto en el número de eventos de oleaje extremo (Ministerio de Medio Ambiente, MMA, 2017), como en la intensidad de estos (Martínez, Contreras-López, et al., 2018). Algunas de estas marejadas ocasionaron sobrepasos inundando sectores como la avenida Perú en Viña del Mar (Figura 1a). Sin embargo, pese a dichas condiciones, el actual modelo de uso y crecimiento de las ciudades costeras de la zona central de Chile no considera este factor, constituyendo el problema que motiva la presente investigación.

De acuerdo con las estadísticas de cierre de puerto de la Armada y SIPROL©, en la Región de Valparaíso, el promedio de marejadas entre 2006 y 2014 fue de 32. El año 2015 aumentó a 45. El 2016 el número se incrementó nuevamente a 56 eventos, siendo el año con mayor registro histórico. Durante el año 2017, se registraron 39 marejadas.

El objetivo de este trabajo es cuantificar el impacto de un evento de marejada en Viña del Mar, así como también la percepción de seguridad que tienen residentes y turistas ante esta problemática. De esta manera, se elaboró un diagnóstico de cómo el actual paradigma de ocupación de la zona costera convive con un medio dinámico, lo que puede ayudar a la discusión sobre la necesidad de realizar mitigación y adaptación de infraestructura a partir de las amenazas naturales que lo afectan.

Se cree que el cambio climático es responsable del incremento de marejadas que afecta a Chile central y, en particular, los sobrepasos que ocurren en avenida Perú. Esto se ve reflejado en mayores daños por anegación y una percepción negativa de seguridad ante estos eventos, tanto en los residentes como visitantes, y no necesariamente entre los turistas.



Figura 1. (a) Oleaje sobrepasando defensa costera en la avenida Perú (julio, 2017). (b) Exposición de primeros pisos en la avenida Perú (septiembre, 2017).

Fuente: Fotografías Felipe Igualt.

Marco teórico

La región de Valparaíso posee un extenso historial de temporales que generaron marejadas destructivas (Tabla 1), causando daños en infraestructura portuaria, zona costera, residencias y servicios básicos (Araya-Vergara, 1979; Santibáñez, 1928). Uno de los eventos más dañinos registrados recientemente corresponde al temporal del 8 de agosto de 2015. Este se generó debido a la confluencia de diversos factores meteorológicos y oceanográficos causantes de un meteotsunami que produjo una intensa destrucción a lo largo de toda la costa del Gran Valparaíso (Carvajal, Contreras-López, Winckler & Sepúlveda, 2017; Winckler, Contreras-López, Campos-Caba, Beyá y Molina, 2017). A partir de este evento extraordinario, surgió una creciente preocupación en torno al aumento de la frecuencia de las marejadas en Chile central. Existe evidencia suficiente para considerar que, como producto del cambio climático antropogénico, el oleaje incidente en el litoral de esta zona experimenta tres cambios:

- Un paulatino aumento de la altura significativa del oleaje (Camus et al., 2017; Young, Zieger & Babanin, 2011).
- Un cambio de la dirección incidente (Hemer,

Church & Hunter, 2010; Molina, Contreras, Winckler, Salinas y Reyes, 2011).

- Un aumento en la frecuencia de las marejadas (Campos-Caba, 2016; Martínez, Contreras-López et al., 2018; Moraga, 2018).

Por otra parte, de acuerdo con la Tercera Comunicación Nacional ante las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático en Chile, la Región de Valparaíso es una de las más amenazadas del país, con 16 potenciales amenazas asociadas al cambio climático que la pueden afectar (MMA, 2017). Sin embargo, contrario a lo que ocurre en las zonas costeras de otros países, el alza del nivel medio del mar no es una de estas amenazas. En efecto, al constatar las tendencias de cambio del nivel del mar a partir de los registros instrumentales en los últimos 70 años, se observa que en Valparaíso, este ha experimentado un descenso (Contreras-López, Torres y Cevallos, 2017). Esto se explica por la deformación vertical de la corteza terrestre asociada a la dinámica de interacción de las placas tectónicas en esta zona de subducción (Albrecht & Shaffer, 2016; Montecino et al., 2017; Wyss, 1976).

A nivel global, el nivel del mar experimenta un alza debido al aumento del volumen total de los océanos, que a su vez se explica por las variaciones en la temperatura

del planeta. Siendo el factor más importante que lo produce, la dilatación térmica de los océanos (Church, Gregory, White, Platten & Mitrović, 2011), seguido por el aporte de otras fuentes como el cambio en la masa de los glaciares continentales y fenómenos indirectos como las variaciones en la distribución media de los campos de presión atmosférica, vientos y corrientes superficiales (Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC, 2014).

De esta forma, en Chile central, el nivel del mar sí experimenta un alza, pero el ciclo sísmico de la zona hace que el litoral ascienda más rápido que el mar, dando

Las Cruces, con un alzamiento de 40 a 60 cm (Castilla, 1988), el año 2010, con un alzamiento de 2 m en el entorno de Talcahuano (Quezada et al., 2010), y el año 2015 al sur de Punta Lengua de Vaca, con alzamientos de 35 a 80 cm en Puerto Oscuro y caleta Sierra (Contreras-López y Zuleta, 2019).

El cambio climático antropogénico se expresa por un marcado descenso en las precipitaciones de Chile central (Boisier et al., 2018) (Figura 3) y un paulatino aumento de la temperatura ambiente (Souvignet, Gaese, Ribbe, Kretschmer & Oyarzún, 2010), transformando el clima mediterráneo donde se emplaza Viña del Mar en

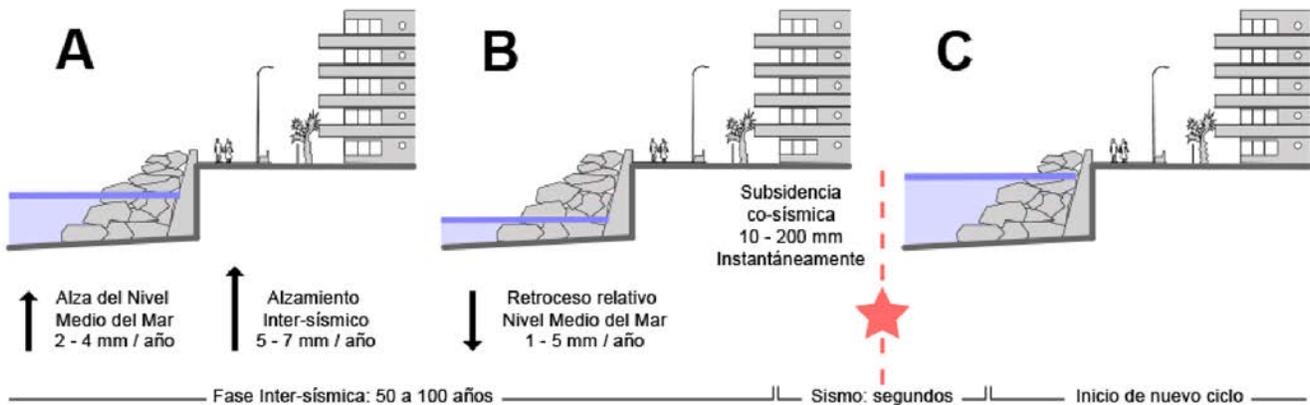


Figura 2. Efectos del ciclo sísmico sobre el nivel relativo del mar en Viña del Mar. A) Alzamiento de la corteza por el ciclo intersísmico a una velocidad mayor que el alza del nivel del mar. B) Descenso relativo del nivel del mar resultante. C) Subsistencia cosísmica e inicio de un nuevo ciclo.

Fuente: Elaboración propia.

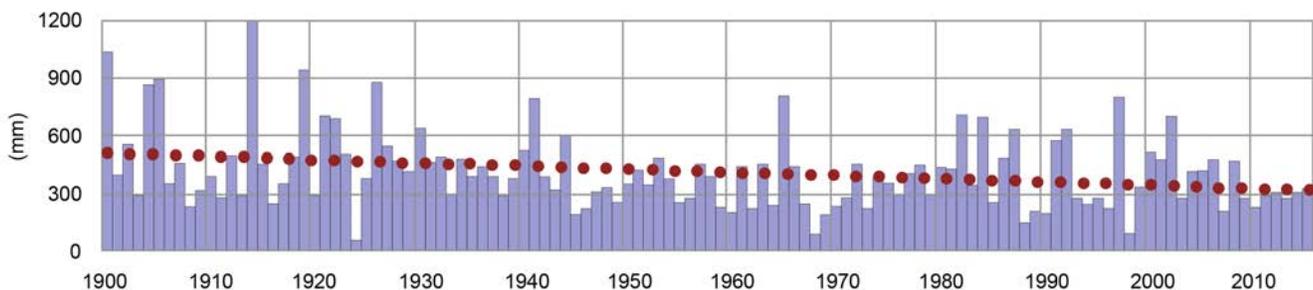


Figura 3. Precipitaciones acumuladas anuales y tendencia lineal ajustada en Valparaíso (1900 – 2016).

Fuente: Adaptado de Contreras-López, Salcedo-Castro et al (2017).

como resultado un descenso relativo (Figura 2). Cuando ocurre un terremoto puede ocurrir cosísmicamente un alzamiento o un hundimiento instantáneamente del orden de unos pocos cm a metros, lo que se traduce en un adelanto o retroceso significativo del nivel medio del mar, como ocurrió el año 1960 en Valdivia con una subsistencia cercana a los 3 m (Cisternas et al., 2005; Moreno, Bolte, Klotz & Melnick, 2009); el año 1985 en

un clima semiárido (Montecinos, Gutiérrez, López-Cortes & López, 2016).

Considerando lo anterior, los efectos del cambio climático en la zona costera de Viña del Mar no son dominados por el alza del nivel del mar, sino que por el incremento del número de marejadas que arriban a la costa, lo que conlleva una diferencia significativa con

otras localidades costeras, donde futuros escenarios del cambio climático sí implican alzas importantes del nivel del mar, anegando sectores costeros bajos.

De acuerdo con Llano (2015), la vocación turística de Viña del Mar se basa en:

- Sus condiciones climáticas que, de acuerdo con las proyecciones de cambio climático, estarían tendiendo a mejorar para las actividades asociadas al turismo.
- La presencia de playas aptas para el turismo de sol y playa, las que estarían siendo amenazadas por la erosión costera debido a las marejadas (Martínez, Contreras-López et al., 2018).
- La alta capacidad hotelera y oferta gastronómica disponible.

Si bien el cambio climático puede mejorar las condiciones atmosféricas de la ciudad para las actividades turísticas, el incremento de las marejadas puede tener consecuencias negativas tanto por la pérdida de playas

como la anegación de infraestructura turística presente en zonas bajas, junto con el riesgo hacia los mismos turistas que pueden verse expuestos en el litoral.

Viña del Mar es una joven ciudad con menos de 150 años de historia, que fue organizada en el último tercio del siglo XIX como un negocio inmobiliario destinado a satisfacer la demanda residencial de Valparaíso (Vicuña-Mackenna, 1931). A comienzos del siglo XX se convirtió en el principal balneario del país (Booth, 2014), donde además se relocalizan las viviendas más acaudaladas desde Valparaíso, procurando encontrar mejor calidad de vida (Ruíz, 2016). Viña del Mar ha experimentado un crecimiento sostenido, desplazando paulatinamente sus límites urbanizados hacia la costa, hasta alcanzar la situación actual (Figura 4). Hoy en día, en la ciudad los patrones de uso de su zona costera dan cuenta de un paradigma contradictorio entre el emplazamiento y los riesgos asociados al cambio climático. Cáceres y Sabatini (2003) muestran el crecimiento exponencial que tuvo el balneario Viña del Mar, que pasó de ser un

Tabla 1

Algunas marejadas históricas que han producido efectos en avenida Perú, Viña del Mar

Fecha	Efectos	Fuente
Agosto 1965	Sobrepaso y daños en av. Perú y costaneras de Viña del Mar.	Campos-Caba (2016).
Julio 1968	Daños en av. Perú y costaneras de Viña del Mar. Daños en caleta de pescadores El Membrillo (botes destruidos). Sobrepasos en costaneras.	Araya-Vergara (1979); Campos-Caba (2016).
Mayo 2013	Daños en av. Perú, Viña del Mar.	Campos-Caba (2016).
Enero 2014	Daños en av. Perú, Viña del Mar.	Campos-Caba (2016).
Agosto 2015	Daños en infraestructura costera, movilización de muros de defensa y destrucción de costanera en Viña del Mar. Daños en locales comerciales de av. Perú. Un muerto (Concón).	Winckler et al. (2017) Trabajo en terreno.
09 diciembre 2015	Sobrepasos.	Trabajo en terreno y SIPROL©
26 enero 2016	Sobrepasos. Un muerto (Caldera). Cierre de locales comerciales av. Perú.	Trabajo en terreno y SIPROL©
19 marzo 2016	Sobrepasos.	Trabajo en terreno y SIPROL©
13 julio 2016	Sobrepasos. Daños en locales comerciales de av. Perú.	Trabajo en terreno y SIPROL©
02 noviembre 2016	Sobrepasos.	Trabajo en terreno y SIPROL©
25 junio 2017	Sobrepasos. Pérdida de arena en playas. Daños en locales comerciales de av. Perú, playa Las Salinas y playa Reñaca.	Trabajo en terreno y SIPROL©

Fuente. Elaboración propia.

Área de estudio: Sector de Avenida Perú, Viña del Mar, Chile

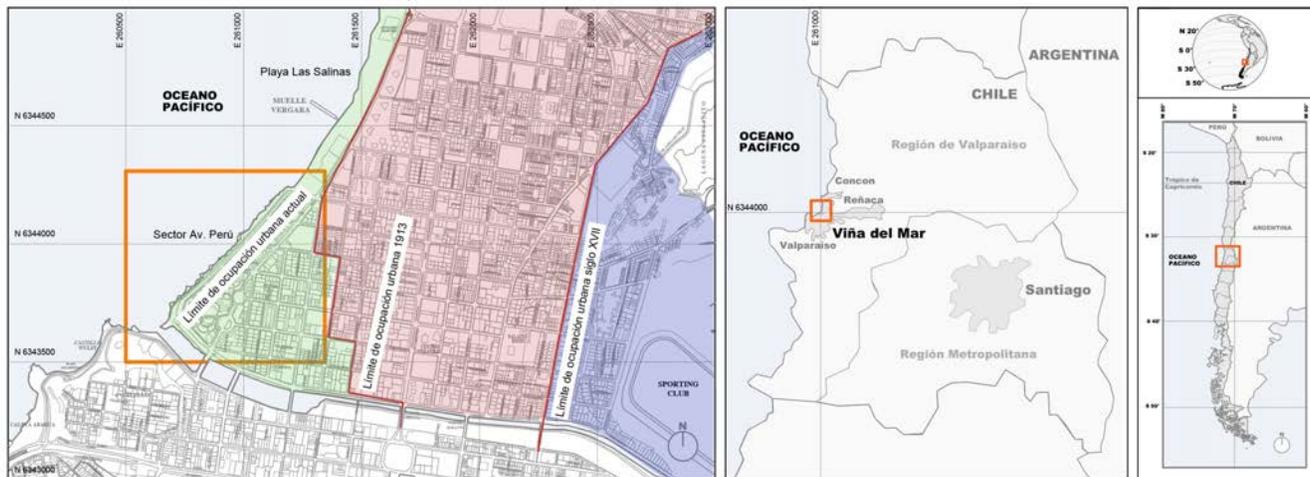


Figura 4. Área de estudio: avenida Perú, Viña del Mar, zona central de Chile. Se puede apreciar el avance hacia la costa de las líneas de edificación, desde el siglo XIX a la actualidad.

Fuente: Elaboración propia.

área despoblada a ser urbanizada durante el siglo XX y densificada en las últimas décadas. Así se conformó lo que hoy se conoce como el sector de avenida Perú, el cual posee hoteles, edificios residenciales y de segunda vivienda, servicios turísticos y recreativos, incluyendo el casino municipal de Viña del Mar, los cuales están emplazados en un área que fue ganada al mar. Un ejemplo del paradigma de máxima ocupación habitacional costera, cuya población se incrementa en la época estival, lo cual sumado a la cercanía con la Región Metropolitana la convierte en uno de los destinos turísticos más próximos y accesibles del litoral central, que posee pulsos de visita en los fines de semana largos y vacaciones de invierno. Esta dinámica va generando especulación inmobiliaria por la alta demanda y poca oferta de espacio en la zona costera.

El presente trabajo hace énfasis en la relación de los eventos de marejadas que afectan el borde costero del litoral central de Chile y en percepción de riesgo que posee la población que ocupa el sector de avenida Perú en Viña del Mar.

Metodología

Área de estudio

Con el fin de evaluar el impacto de marejadas en zonas costeras de uso intensivo, se seleccionó el sector de avenida Perú, en Viña del Mar, como área de estudio (Figura 4). Esta se extiende por 800 m paralela al mar, y contiene principalmente infraestructura comercial ligada al turismo y residencias (Figura 1b). De acuerdo con el Mapa Manzana-Entidad del censo realizado en octubre de 2017 (INE, 2018), en este sector residen 6.028 personas (principalmente adultos mayores y mujeres) y existen 5.209 viviendas particulares, de las cuales el

48% estaba desocupada en el momento del censo. La avenida Perú fue construida en la década de 1930 como parte de importantes obras que buscaban consolidar la calidad de balneario de la ciudad (Cáceres y Sabatini, 2003). Esta obra fue levantada ganándole territorio al mar, lo que señala una fuerte intervención antrópica en una zona que contenía características muy distintas a las que muestra hoy. Anexo a la avenida Perú se encuentra la playa Las Salinas, que es la playa más extensa y visitada por los turistas en esta comuna.

Levantamiento daños inundación 25 junio 2017

Se seleccionó este evento por ser representativo de los efectos destructivos de una marejada (Tabla 1): fue una de las 39 marejadas ocurridas durante 2017. Se caracterizó por un frente de baja presión con vientos de más de 50 km/h que generó una altura de oleaje de 5,3 m, proveniente NNO, con períodos que alcanzaron los 14 segundos, todo acompañado de intensas precipitaciones. Esto generó un oleaje que sobrepasó la defensa costera de avenida Perú en diversos puntos.

El levantamiento de daños fue realizado entre los días 25 y 27 de junio de 2017 en el sector avenida Perú de Viña del Mar. Además, el día 24 de junio se visitó la zona como control. Se utilizaron un odómetro, un GPS y una barra topométrica para medir longitudes de intrusión, georreferenciar la zona inundada y medir profundidades de inundación. Se realizó un registro fotográfico de los principales daños generados por el oleaje y la inundación. Además, se identificó la zona afectada y se registraron las profundidades de inundación en la infraestructura.

En playa Las Salinas, sector Los Marineros, se recolectaron datos de perfiles antes y después del evento del 25 de junio, con el propósito de estimar los cambios volumétricos. Los perfiles fueron levantados en la sección media de la playa, en condiciones de bajamar y mediante GPS doble frecuencia vinculados a vértices geodésicos del área. Los cambios volumétricos fueron determinados mediante el software Global Mapper.

Encuesta

Para evaluar la percepción de seguridad y adaptación de infraestructura de la zona costera, se aplicó un cuestionario de nueve preguntas cerradas a un total de 356 personas escogidas al azar, que transitaban por la avenida Perú entre los días 20 de julio y 30 de agosto 2017. Participaron tres encuestadores localizados en dicho sector, en horarios de alta afluencia de transeúntes. Una vez obtenida la autorización para responder la encuesta,

Área de Inundación:

Sector de Avenida Perú y San Martín, Viña del Mar, Chile. / 25 de Junio 2017

Sección A - A', perfil urbano representativo de la inundación.

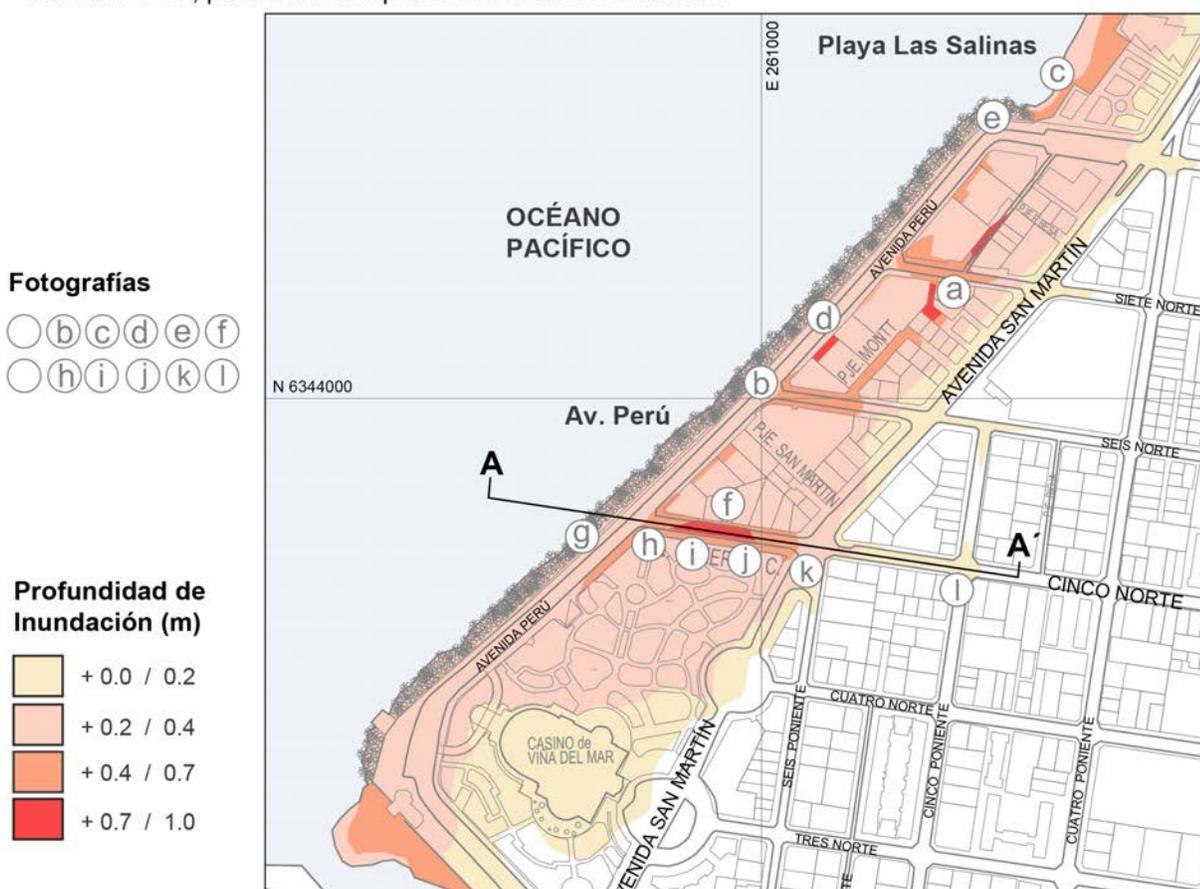


Figura 5. Área de inundación generada por el evento del 25 de junio de 2017 en sector av. Perú y zona contigua.

Fuente: Elaboración propia.

se realizaban las consultas y consignaban las respuestas en una ficha impresa diseñada para tales efectos. Cinco preguntas del cuestionario están relacionadas con la preparación y respuesta, y cuatro a la futura adaptación de la avenida Perú. Las respuestas fueron tabuladas y analizadas por frecuencia.

Resultados

El sobrepaso registrado el 25 de junio de 2017 generó la inundación sobre una superficie cercana a los 100.000 m² (10 ha) en la zona contigua a la avenida Perú (Figura 5). La zona más afectada corresponde a las manzanas contenidas entre la avenida Perú y la avenida San Martín, entre las calles 5 y 8 Norte. La Figura 6 muestra una sección de la inundación a través de la calle 5 Norte. Aquí se aprecia una intrusión cercana a los 250 m alcanzando la calle 5 Poniente.

En la avenida Perú la marejada generó inundaciones que produjeron daños en primeros pisos y destrozos en equipamiento urbano por impacto de oleaje. Se registró la inundación de estacionamientos en primeros niveles (Figuras 6b y 6g), afectando a un importante número de automóviles y puestos comerciales (Figuras 6c y 6d). La inundación generó el anegamiento de las calles, lo que ocasionó la imposibilidad para salir como para acceder a sus viviendas a residentes y pasajeros de hoteles, además de la suspensión del tránsito vehicular, tanto en la avenida Perú como en las calles y avenidas contiguas (Figuras 6e y 6f).

La máxima profundidad de inundación registrada fue de 90 cm en el estacionamiento de un edificio distante 50 m de la avenida Perú, en calle 6 Norte (Figura 6a). En la calle 5 Norte alcanzó los 70 cm con un flujo de agua de mar que arrastró seis automóviles y dos quioscos (Figuras 6h, 6i y 6j). En la av. San Martín se registraron profundidades de inundación entre 20 y 40 cm, generando la interrupción del tráfico por varias horas (Figura 6k y 6l). Los daños registrados dan cuenta de un escenario altamente vulnerable, donde pequeñas profundidades de inundación tienen una gran repercusión tanto en la integridad de edificaciones como en el funcionamiento de la ciudad.

Playa Las Salinas, en el sector Los Marineros fue severamente afectada por el evento. Para el 27 de junio, dos días después de la marejada, la playa en el sector medido perdió un volumen de 81.178 m³ de arena, provocando importantes cambios morfológicos y afecciones a locales comerciales localizados en la costanera (Figura 7).

Los resultados de la encuesta, según ítem consultado, son presentados en la Figura 8. Los 356 encuestados se distribuyen en tres tipos de usuarios de la avenida Perú: un 20,5% son residentes, un 22,4% turistas y un 57,1% residentes de otras zonas del Gran Valparaíso, quienes se encontraban en tránsito por la avenida Perú.

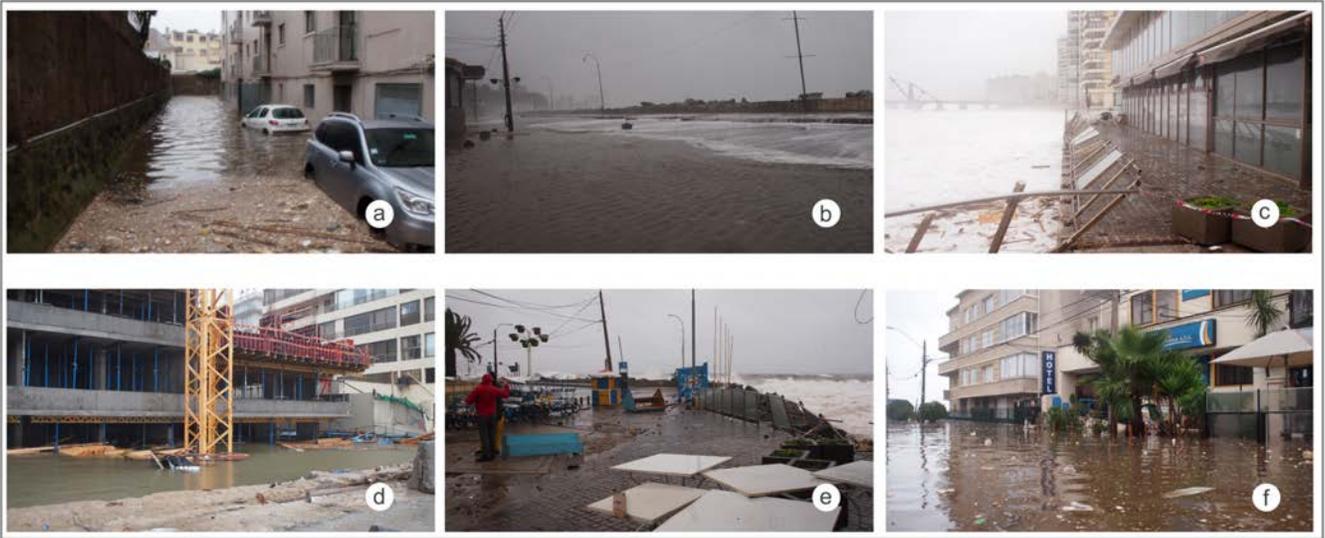
La primera mitad de las preguntas permite conocer la percepción de los usuarios respecto del riesgo de inundación asociado a marejadas. Un 84,4% de los encuestados considera que las marejadas representan un riesgo para turistas y residentes, tendencia que se mantiene alta en los tres tipos de usuarios (residentes: 74,1%, tránsito 86,1% y turistas 83,3%). Esta tendencia es similar respecto de la percepción de preparación de los edificios: 81,0% considera que los edificios no están preparados para resistir inundaciones y un 76,6% de residentes de la avenida considera que los edificios no están preparados para inundaciones costeras.

Al ser consultados si creen que la avenida es un lugar seguro para vivir, un 68,9% considera que no lo es. Al analizar las respuestas de los residentes a esta misma pregunta, un 64,3% cree que no lo es, versus un 32,8% que responde afirmativamente.

Respecto de la defensa costera que actualmente tiene la función de proteger a la avenida del sobrepaso de oleaje, un 58,9% cree que no es suficiente para controlar el oleaje y solo un 27,3% cree que sí lo es. Esto demuestra un bajo nivel de confianza en la infraestructura tanto residencial como en la defensa costera.

Respecto de posibles modificaciones en la actual infraestructura, un 88,4% cree que es necesario hacer cambios en edificios y calles para disminuir daños. Similar es la tendencia en cuanto a la modificación de los instrumentos de planificación territorial (IPT), en especial el Plan Regulador Comunal (PRC), con el fin de disminuir el impacto de inundaciones costeras en zonas urbanas, donde un 87,6% respondió estar de acuerdo con modificar estos instrumentos. Una de las que más aceptación tiene es la incorporación de evacuación vertical en los edificios de la avenida con el fin de proveer zonas seguras tanto en el caso de oleaje extremo, como de un tsunami. Un 92,9% de los encuestados manifestó estar de acuerdo con esta medida. Estas tendencias de cambio se mantienen uniformes en los tres tipos de usuarios.

Finalmente, al ser consultados respecto de las condiciones de seguridad a futuro, un 43,2% confía en que mejorarán, un 42,4% piensa que no habrá variación de la actual condición de la avenida y tan solo un 14,4% cree que las condiciones de seguridad empeorarán.



Perfil de Inundación: Sección A - A' Cinco Norte
Sector de Avenida Perú y San Martín, Viña del Mar, Chile. / 25 de Junio 2017

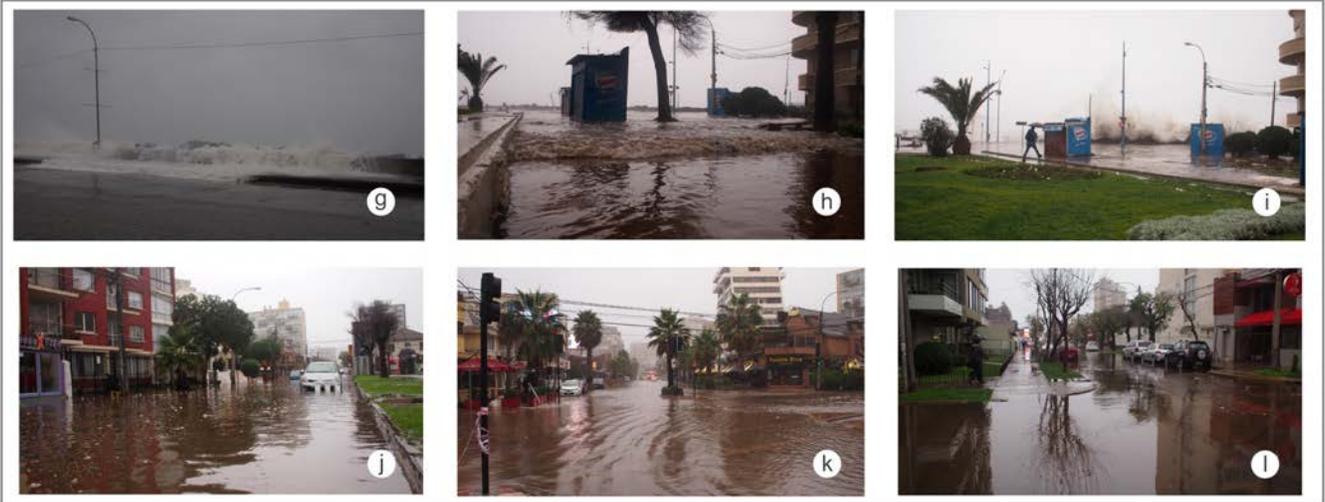


Figura 6. Perfil de inundación a través de la calle 5 Norte generado por evento del 25 de junio de 2017. Registro fotográfico de principales daños generados por marejadas en la sección A – A', eje de 5 Norte.
Fuente: Elaboración propia.

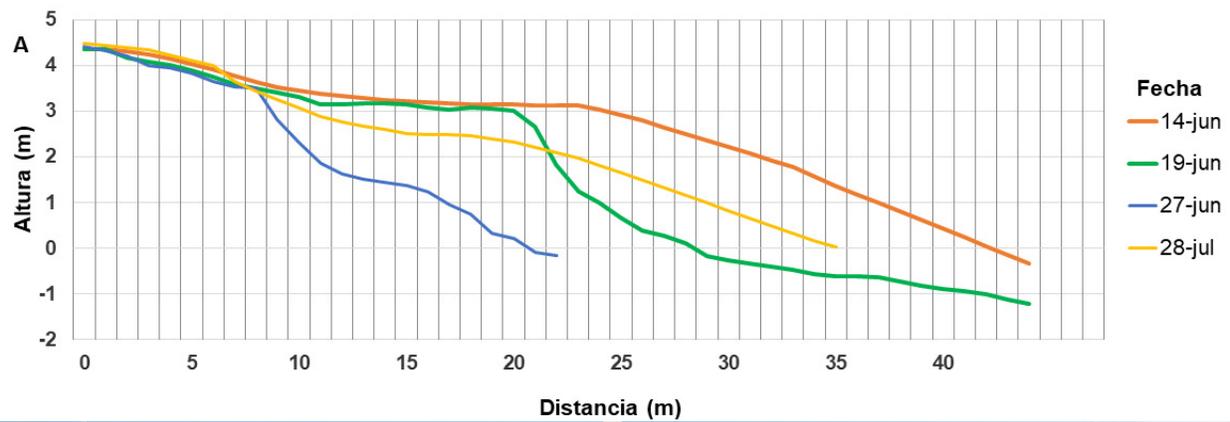


Figura 7. a) Evolución perfil topográfico en playa Las Salinas, sector Los Marineros. Cambios morfológicos en el sector en junio 2017 (b y c). Fuente: Elaboración propia. Fotografías Carolina Martínez.

Encuesta de Percepción de Marejadas en Avenida Perú

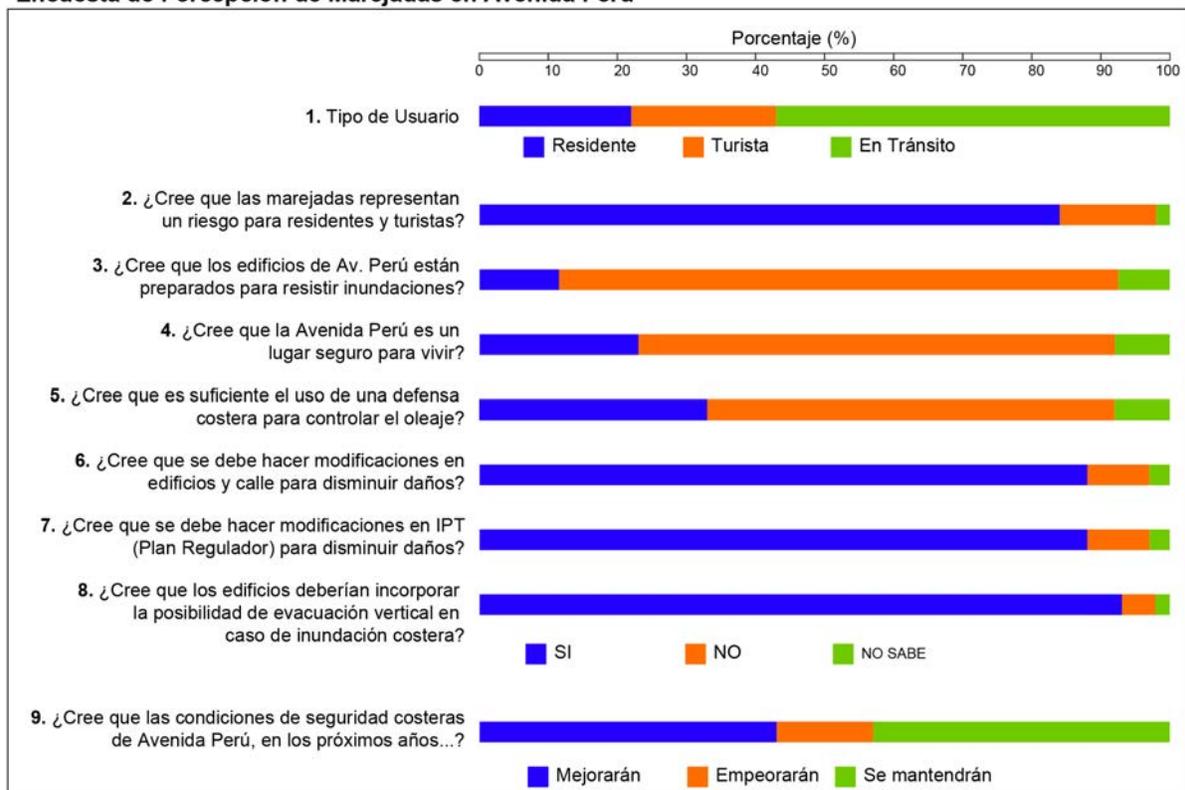


Figura 8. Resultados generales de encuesta de percepción de seguridad ante marejadas en la avenida Perú. Fuente: Elaboración propia.

Discusión y conclusiones

A comienzos del año 2018 la prensa mundial anunció que Ciudad del Cabo, Sudáfrica, sería la primera gran ciudad en quedarse sin agua como producto de los efectos tempranos del cambio climático. Se trata de una ciudad de 3,5 millones de habitantes, donde una prolongada sequía, el cambio de la disponibilidad hídrica atribuible al cambio climático y el sostenido crecimiento del consumo (CSAG, 2018) se conjugaron para que el denominado "día cero", es decir, el día que la ciudad ya no tendría agua para sus habitantes fuera una amenaza real durante este año, obligando a tomar serias medidas en torno a la gestión y restricción en el uso del agua. Al mismo tiempo, la ciudad de Viña del Mar, parece ser afectada por el cambio climático a través de incremento del número e intensidad de las marejadas, generando sobrepasos como el del 25 de junio de 2017, que afectan sus edificaciones y funcionalidad. De esta forma, el cambio climático antropogénico se expresa en el litoral de Chile central a través de este fenómeno más que en el alza del nivel del mar o en las restricciones hídricas como en otros lugares del planeta.

En Chile no existen criterios o metodologías claras para el establecimiento de niveles máximos de inundación por marejadas (Beyá y Winckler, 2013). Los diseños de infraestructura costera consideran variaciones del nivel del mar adicionales a la marea astronómica, con diferentes criterios de diseño y sin consenso. Esta situación se incrementa debido a la escasez de las mediciones y a la falta de estudios específicos. Existe así una necesidad de tomar decisiones con respecto al diseño de obras de ingeniería costera, analizando los sistemas naturales de manera integral y considerando la variabilidad de escenarios futuros, especialmente con respecto a los cambios que experimenta el oleaje y a las marejadas incidentes en Chile central. Beyá y Winckler (2013) resaltan la necesidad de mejorar el sistema de recolección y manejo de información marítima y costera en Chile y de cómo este desconocimiento del medio impacta en el desarrollo sustentable de la costa y el mar, lo que ejemplifica muy bien la problemática de sobrepasos de los últimos años en avenida Perú. Esto se ve reflejado en la alta percepción del riesgo que representan para los encuestados las marejadas. En la fecha en que fue aplicada esta encuesta disminuye el número de turistas, aun cuando el 20% del total de la muestra lo era. La mayor proporción de encuestados correspondió a personas en tránsito, los que probablemente frecuentan Viña del Mar y se encuentran informados de estas problemáticas, así

como los residentes. Se confirma que tanto los residentes como visitantes tienen una percepción negativa de las marejadas. Sin embargo, destaca que la percepción negativa de seguridad por parte de los turistas es mayor (83,3%) que la de los residentes (74,1%).

Las recientes marejadas permiten dimensionar las dificultades que el actual paradigma de uso de la zona costera tiene para convivir con un medio ambiente dinámico, dominado por la acción e influencia del oleaje antes que por la voluntad humana. Por otro lado, el modelo de crecimiento de las ciudades costeras en la zona central muestra una tendencia hacia la densificación de zonas próximas al mar (Hidalgo y Arenas, 2012), situación que se evidencia en el alto número de residencias y servicios ligados al turismo. Esta acción ha sido impulsada principalmente por la industria inmobiliaria. Esto nos advierte de la necesidad de contar con una estrategia de planificación que se anticipe a los riesgos y que redefina los parámetros de ocupación de este sector litoral. El primer paso es cambiar el concepto de borde costero (como frontera entre el mar y la tierra) por el de zona costera, es decir, el área donde interactúan dinámicamente el mar, la tierra y la atmósfera (Yáñez-Arancibia y Day 2010). Ante esta situación, las localidades costeras demandan un cambio en el paradigma de ocupación del borde con el mar, que actualmente se caracteriza por la máxima explotación comercial de una edificación. Este cambio de paradigma debiese estar caracterizado por la consideración de los riesgos naturales que afectan la zona costera, en especial las inundaciones producto de marejadas y tsunamis, tales como:

- Incorporación de nuevas tipologías de edificaciones residenciales y turísticas adaptadas a flujos de inundación cada vez más frecuentes (Contreras-López et al. 2019).
- Relocalización de infraestructura, equipamiento y servicios críticos (Winckler, Reyes y Contreas, 2011).
- Coordinación de defensas naturales y artificiales, revisando las prácticas más adecuadas y evitando la erosión que normalmente es acelerada con soluciones de ingeniería rígida (Martínez, Contreras-López et al., 2018).
- Propender a destinar mayor cantidad de espacios públicos en la zona costera, con respecto a usos privados o de especulación inmobiliaria, permitiendo así destinar espacios de amortiguación y adaptación a los sobrepasos por marejadas (Silva et al., 2017).

La ordenanza del PRC puede regular ocupación y constructibilidad de edificaciones en zonas inundables. Por su parte, las modificaciones estructurales en edificaciones como el alzamiento del primer nivel residencial a una altura sobre el nivel máximo de inundación que muestra la carta de inundación por tsunami, permitiría reducir considerablemente los daños en residencias e incorporar un programa recreativo y comercial en primeros niveles que hoy son ocupados por usos privados, especialmente residenciales. En esta transformación existen diversas oportunidades que podrían potenciar significativamente la calidad de vida de residentes, turistas y comerciantes. De esta manera, los IPT podrían contribuir a la construcción de nuevas tipologías de edificaciones adaptadas a los riesgos naturales que afectan la franja costera (Beyá & Winckler, 2013). Sin embargo, una de las claves para que exista una futura transformación hacia una zona costera adaptada es la educación de la población, autoridades y profesionales acerca de los riesgos naturales que afectan esta zona.

La gravedad de los daños y el impacto que los eventos de oleaje extremo generan en zonas como la avenida Perú, invitan a preguntarnos sobre la actual preparación para el impacto de eventos similares, además de aquellos de mayor escala como lo sería un tsunami. La carta de inundación por tsunami muestra profundidades de inundación que superan los 6 metros en el entorno de avenida Perú (SHOA, 2012). Además, se debe considerar que cuando los eventos de oleaje extremo son acompañados de frentes de lluvia, el nivel de inundación y de daños que se obtiene es mayor. Adicionalmente, en Chile no se cuenta con una normativa de edificaciones en la zona costera que regule el diseño de aquellas propensas a ser inundadas por eventos de marejadas o tsunami. Solo existe una norma chilena para el diseño estructural de edificaciones en áreas de riesgo de inundación por tsunami (Instituto Nacional de Normalización, INN, 2015), cuya aplicación es adoptada voluntariamente.

El bajo nivel de confianza en la infraestructura residencial y en la defensa costera obtenidos en la encuesta, advierten de un escenario que demanda la adaptación de infraestructura ante los riesgos que la afectan, así como la aspiración de residentes y usuarios de que esta adaptabilidad se materialice a partir de modificaciones en edificaciones e IPT. Si bien existen IPT que regulan la ocupación de la franja costera, como es el caso de los PRC y sus seccionales, existen pocos casos donde estos tienen un impacto en las edificaciones. La mayoría de los PRC en comunas costeras de la zona central no incorporan criterios especiales para riesgo

de inundaciones, pese a que muchos son de elaboración reciente. Esta situación nos advierte de la ineficiencia y obsolescencia de nuestros IPT. Actualmente, y como resultado de los efectos en la costa de varios desastres naturales ocurridos en los últimos 10 años, los instrumentos de planificación territorial y la normativa urbana han sido objeto de una profunda reflexión, que ha repercutido en una revisión de la Ordenanza General de Urbanismo y Construcciones en materia de áreas de riesgo (artículo 2.1.17), incorporando los conceptos de peligro o amenaza, vulnerabilidad y riesgo anteriormente ausentes, lo cual permitiría tomar decisiones sobre la implementación de acciones de mitigación, prevención y emergencia.

Este tipo de cambios y un fortalecimiento de la normativa urbana e IPT son aspectos prioritarios en el país, considerando el escenario de amenazas naturales recurrentes y eventos extremos que están afectando la costa. Algunos estudios recientes han establecido que las marejadas están provocando una aceleración de las tasas de erosión en litorales arenosos de Chile central, afectando especialmente playas urbanas de Valparaíso y Viña del Mar, las cuales se encuentran en un delicado equilibrio sedimentario (Martínez, Contreras-López et al., 2018; Martínez, Villagrán et al., 2018). Ello involucra una reducción del ancho de la playa que afecta no solo la actividad turística en verano, sino una pérdida en la capacidad de mitigación frente a marejadas y tsunamis, elevando la exposición y la vulnerabilidad ante estas amenazas.

Finalmente, para el caso de Viña del Mar, una posible adaptabilidad de la zona costera no debe romper la relación directa que existe —tanto física, como visualmente— con el mar, sino que se debe trabajar en una relación en que las barreras de protección se integren a las opciones recreativas, productivas, comerciales, entre otras. En este conjunto de alternativas de mitigación, se deben buscar aquellas que generen menos artificialización de la costa, en especial aquellas vinculadas con la ingeniería ecológica y la restauración.

El instrumento utilizado para consultar a los transeúntes de avenida Perú, solo permite recabar la percepción de residentes, turistas y personas en tránsito en torno al riesgo producto de las marejadas en el área de estudio. Sin embargo, la ocurrencia reiterada de marejadas extremas que han inundado el sector, refuerza la idea de que este es un problema real y actual, que probablemente se replica en distintos asentamientos turísticos costeros del litoral de Chile central y que debe ser estudiado con mayor profundidad.

Referencias bibliográficas

- Albrecht, F. & Shaffer, G. (2016). Regional sea-level change along the Chilean Coast in the 21st century. *Journal of Coastal Research*, 32(6), 1322-1332. <https://doi.org/10.2112/jcoastres-d-15-00192.1>
- Araya-Vergara, J.F. (1979). Las incidencias cataclísmicas de las bravezas en la evolución de la Costa de Chile Central. *Investigaciones Geográficas (Chile)*, 26, 19-42. <https://doi.org/10.5354/0719-5370.1979.27549>
- Beyá, J., Álvarez, M., Gallardo, A., Hidalgo, H., Aguirre, C., Valdivia, J., ... y Molina, M. (2016). *Atlas de oleaje de Chile*. Primera edición. Valparaíso: Escuela de Ingeniería Civil Oceánica - Universidad de Valparaíso.
- Beyá, J. y Winckler, P. (2013). Inundaciones costeras, más allá de los tsunamis. *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, 125(2), 63-81.
- Boisier, J.P., Álvarez-Garretón, C., Cordero, R.R., Damiani, A., Gallardo, L., Garreaud, R.D., ... & Rondanelli, R. (2018). Anthropogenic drying in central-southern Chile evidenced by long-term observations and climate model simulations. *Elementa Science Anthropocene*, 6(1), 74. <https://doi.org/10.1525/elementa.328>
- Booth, R. (2014). Turismo, panamericanismo e ingeniería civil. La construcción del camino escénico entre Viña del Mar y Concón (1917-1931). *Historia*, 47(2), 277-311. <https://doi.org/10.4067/s0717-71942014000200001>
- Campos-Caba, R.V. (2016). *Análisis de marejadas históricas y recientes en las costas de Chile* (Memoria del proyecto para optar al Título de Ingeniero Civil Oceánico). Facultad de Ingeniería, Universidad de Valparaíso, Valparaíso, Chile.
- Camus, P., Losada, I.J., Izaguirre, C., Espejo, A., Menéndez, M. & Pérez, J. (2017). Statistical wave climate projections for coastal impact assessments. *Earth's Future*, 5, 918-933, <https://doi.org/10.1002/2017ef000609>
- Carvajal, M., Contreras-López, M., Winckler, P. & Sepúlveda, I. (2017). Meteotsunamis occurring along the Southwest Coast of South America during an intense storm. *Pure and Applied Geophysics* 174(8): 3313-3323, 2017. <https://doi.org/10.1007/s00024-017-1584-0>
- Cáceres, G. y Sabatini, F. (2003). Para entender la urbanización del litoral: el balneario en la conformación del Gran Valparaíso (siglos XIX y XX). *ARQ (Santiago)*, 55, 50-52. <https://doi.org/10.4067/s0717-69962003005500013>
- Castilla, J.C. (1988). Earthquake-caused coastal uplift and its effects on rocky intertidal kelp communities. *Science* 242(4877), 440-443. <https://doi.org/10.1126/science.242.4877.440>
- Church, J.A., Gregory, J.M., White, N.J., Platten, S.M., & Mitrovica, J.X. (2011). Understanding and projecting sea level change. *Oceanography*, 24(2), 130 - 143. <https://doi.org/10.5670/oceanog.2011.33>
- Cisternas, M., Atwater, B. F., Torrejón, F., Sawai, Y., Machuca, G., Lagos, M., ... & Husni, M. (2005). Predecessors of the giant 1960 Chile earthquake. *Nature*, 437(7057), 404-407. <https://doi.org/10.1038/nature03943>
- Contreras-López, M., Salcedo-Castro, J., Cortés-Molina, F., Figueroa-Nagel, P., Vergara-Cortés, H., Figueroa-Sterquel, R. & Mizobe, C.E. (2017). El Yali National Reserve: A system of coastal wetlands in the Southern Hemisphere affected by contemporary climate change and tsunamis. En C.W. Finkl & C. Makowski (Eds.), *Coastal wetlands: Alteration and remediation* (pp. 243-271). Berna: Coastal Research Library (CRL). https://doi.org/10.1007/978-3-319-56179-0_8
- Contreras-López, M., Torres, R. y Cevallos, J. (2017). Tendencias del nivel medio del mar en el litoral del Pacífico Sur Oriental. En A. Botello, S. Villanueva, J. Gutiérrez y J.L. Rojas (Eds.), *Vulnerabilidad de las zonas costeras de Latinoamérica al cambio climático* (pp. 165-176). Ciudad de México: Editorial Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Universidad Autónoma de Campeche (UAC).
- Contreras-López, M. y Zuleta, C. (2019) (en prensa). Vulnerabilidades de los humedales costeros de la Región de Coquimbo. En C. Zuleta & M. Contreras-López (Eds.), *Humedales costeros de la Región de Coquimbo: biodiversidad, vulnerabilidades & conservación*. La Serena: Ediciones Universidad de La Serena, Ministerio del Medio Ambiente.
- Contreras-López, M., Araya, P., Figueroa-Sterquel, R., Breuer, W.A., Igualt, F., Larraguibel-González, C. & Oberreuter R (2019) Evaluación de la vulnerabilidad ante tsunamis para el sector turismo en Valparaíso, Chile. *Revista de Estudios Latinoamericanos sobre Reducción del Riesgo de Desastres (REDER)*, 3(1), 5-23.
- Cámara Regional de Comercio y la Producción Valparaíso, CRCP (2017). *Informe de turismo de la Cámara Regional del Comercio de Valparaíso*. Recuperado de <http://crcpvalpo.cl/informe-de-turismo-de-la-camara-regional-del-comercio-de-valparaiso/>
- Climate System Analysis Group, CSAG (2018). *Big six monitor. National Department of Water and Sanitation*. Recuperado de <http://cip.csag.uct.ac.za/monitoring/bigsix.html>.
- Instituto Nacional de Estadísticas, INE (2017). *Estadísticas demográficas y vitales. Santiago: Instituto Nacional de Estadística*. Recuperado de <http://www.ine.cl/estadisticas/demograficas-y-vitales>.
- Instituto Nacional de Estadísticas, INE (2018). *Servicio de mapas del Censo 2017*. Recuperado de <http://www.censo2017.cl/servicio-de-mapas/>
- Instituto Nacional de Normalización, INN (2015). NCh N°3363 Diseño estructural de edificaciones en áreas de riesgo de inundación por tsunami y seiche. Santiago de Chile: Autor.
- Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC (2014). *Climate change 2014: Synthesis report. Contribution of working groups I, II and III to the fifth assessment report of the intergovernmental panel on climate change*. Geneva: Autor.
- Hemer, M. A., Church, J. A., & Hunter, J. R. (2010). Variability and trends in the directional wave climate of the Southern Hemisphere. *International Journal of Climatology*, 30(4), 475-491. <https://doi.org/10.1002/joc.1900>
- Hidalgo, R. y Arenas, F. (2012). Negocios inmobiliarios en el frente litoral del Área Metropolitana de Valparaíso (AMV): entre la (des) protección del medio natural y la conservación del patrimonio cultural de la unesco. *Scripta Nova-Revista Electrónica de*

Geografía y Ciencias Sociales, 16(418).
<http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-418/sn-418-46.htm>

- Martínez, C., Contreras-López, M., Winckler, P., Hidalgo, H., Godoy, E., & Agredano, R. (2018). Coastal erosion in central Chile: A new hazard? *Ocean Coast. Manage.* 156, 141-155.
<https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2017.07.011>
- Martínez, C., Villagrán, M., Winckler, P., Contreras-López, M., López, P., Godoy, M. & Esparza, C. (octubre, 2018). *Coastal erosion and storms: The new natural hazards in Chile*. Trabajo presentado en 5th World Conference on Climate Change, Londres, UK.
<https://doi.org/10.4172/2573-458X-C1-003>.
- Ministerio del Medioambiente, MMA (2017). *Tercera Comunicación Nacional de Chile ante la Convención Marco de las Naciones Unidas sobre Cambio Climático*. Santiago de Chile: Autor.
- Molina, M., Contreras, M., Winckler, P., Salinas, S. y Reyes, M. (2011). Consideraciones sobre las variaciones de mediano y largo plazo del oleaje en el diseño de obras marítimas en Chile central. *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile*, 123(3), 77-88.
- Montecino, H.D.C., Ferreira, V.G., Cuevas, A., Castro-Cabrera, L., Soto-Báez, J.C. & De Freitas, S.R.C. (2017). Vertical deformation and sea level changes in the coast of Chile by satellite altimetry and tide gauges. *International Journal of Remote Sensing*, 38 (24), 7551-7565 <https://doi.org/10.1080/01431161.2017.1288306>
- Montecinos, S., Gutiérrez, J. R., López-Cortés, F., & López, D. (2016). Climatic characteristics of the semi-arid Coquimbo Region in Chile. *Journal of Arid Environments*, 126, 7-11.
<https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2015.09.018>
- Moraga, B. (2018) *Análisis estadístico de la recurrencia de marejadas y tormentas en la Región de Valparaíso: correlaciones con el cambio climático antropogénico* (Proyecto de título para optar al título de Ingeniero en Estadística y al grado académico Licenciado en Ciencias de la Ingeniería). Universidad de Playa Ancha, Valparaíso, Chile.
- Moreno, M. S., Bolte, J., Klotz, J., & Melnick, D. (2009). Impact of megathrust geometry on inversion of coseismic slip from geodetic data: Application to the 1960 Chile earthquake. *Geophysical Research Letters*, 36(16), L16310. <https://doi.org/10.1029/2009gl039276>
- Muga, E. y Rivas, M. (2009). Mutaciones y cambios en la estructura urbana del área metropolitana de Valparaíso. En R. Hidalgo, C.A. de Mattos y F. Arenas (Eds.), *Chile: del país urbano al metropolitano* (pp. 201-221). Santiago de Chile: Instituto de Geografía UC.
- Paskoff, R. (2010). Geomorfología de la costa de Chile. En J. Díaz-Naveas y J. Frutos (Eds.), *Geología marina de Chile* (pp. 76-79). Valparaíso: Comité Oceanográfico Nacional de Chile, Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Servicio Nacional de Geología y Minería de Chile.
- Quezada, J., Jaque, E., Belmonte, A., Fernández, A., Vásquez, D. y Martínez, C. (2010). Movimientos cosísmicos verticales y cambios geomorfológicos generados durante el terremoto Mw= 8,8 del 27 de febrero de 2010 en el centro-sur de Chile. *Revista Geográfica del Sur*, 2, 11-45.
- Ruiz, M. (2016). Valparaíso: Un caos de obsolescencia actualmente programado. En T. Elizalde, M. Carroza, M. Ruiz, A. Texido, G. Undurraga y A. Echeverri (Eds), *Valparaíso y su borde costero: oportunidad o espejismo* (pp. 48-69). Santiago de Chile: Ocho Libros.
- Santibáñez, J. (1928). Una braveza de mar en la costa de Chile. *Anuario Hidrográfico Marítimo de Chile*, 34, 615 – 656.
- Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile, SHOA (1992). *Glosario de mareas y corrientes*. (Publicación N°3013). Valparaíso: Autor.
- Servicio Hidrográfico y Oceanográfico de la Armada de Chile, SHOA (2012). *TSU-5110 Valparaíso - Viña del Mar: carta de inundación por tsunami referida al evento del año 1730*. Valparaíso: Autor. Recuperado de: http://www.shoa.cl/servicios/citsu/pdf/citsu_valparaíso_vinna.pdf
- Silva, R., Lithgow, D., Esteves, L. S., Martínez, M. L., Moreno-Casasola, P., Martell, R., ... & Rivillas, G.D. (2017). Coastal risk mitigation by green infrastructure in Latin America. *Proceedings of the Institution of Civil Engineers: Maritime Engineering*, 170(2), 39-54. <https://doi.org/10.1680/jmaen.2016.13>
- Souvignet, M., Gaese, H., Ribbe, L., Kretschmer, N., & Oyarzún, R. (2010). Statistical downscaling of precipitation and temperature in north-central Chile: An assessment of possible climate change impacts in an arid Andean watershed. *Hydrological Sciences Journal*, 55(1), 41-57.
<https://doi.org/10.1080/02626660903526045>
- Winckler, P., Reyes, M., & Contreras, M. (2011). Recomendaciones de diseño de obras marítimas y terrestres sometidas a cargas de tsunami. *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile N° 123(1)*, 19 – 39.
- Winckler, P., Contreras-López, M., Campos-Caba, R., Beyá, J.F. y Molina, M. (2017). El temporal del 8 de agosto de 2015 en las regiones de Valparaíso y Coquimbo, Chile Central. *Latin American Journal of Aquatic Research*, 45(4), 622-648.
<https://doi.org/10.3856/vol45-issue4-fulltext-1>
- Wyss, M. (1976). Local changes of sea level before large earthquakes in South America. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 66(3), 903 – 914. <https://doi.org/10.1029/jb081i029p05315>
- Yáñez-Arancibia, A. y Day, J. W. (2010). La zona costera frente al cambio climático: vulnerabilidad de un sistema biocomplejo e implicaciones en el manejo costero. En A. Yáñez-Arancibia (Ed.), *Impactos del cambio climático sobre la zona costera* (pp. 12-35). Ciudad de México: Instituto de Ecología INECO.
- Young, I. R., Zieger, S., & Babanin, A. V. (2011). Global trends in wind speed and wave height. *Science*, 332(6028), 451-455.
<https://doi.org/10.1126/science.1197219>

Notas

- 1 Se agradece a la Escuela de Arquitectura y Diseño PUCV por el financiamiento entregado mediante proyecto de investigación interno e.ad 001-17. INGMAT R&D Center, Chile proporcionó los datos de SIPROL©.
- 2 Recibido: 31 de enero de 2019. Aceptado: 11 de octubre de 2019.
- 3 Contacto: figualt@ead.cl
- 4 Contacto: wbreuern@gmail.com
- 5 Contacto: manuel.contreras@upla.cl
- 6 Contacto: camartinezr@uc.cl