



CHILE CAMBIANDO. REVISITANDO LA GEOGRAFÍA REGIONAL DE WOLFGANG WEISCHET

Axel Borsdorf
Carla Marchant
Adriano Rovira
Rafael Sánchez
(Coordinadores)



PONTIFICIA
UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CHILE



Editor Serie GEOlibros

Rodrigo Hidalgo Dattwyler

Serie GEOlibros N° 36

Comité Editorial Serie GEOlibros

José Ignacio González Leiva, Federico Arenas Vásquez, Rafael Sagredo, Axel Borsdorf, Horacio Capel, Sandra Lencioni y Carlos de Mattos.

La serie GEOlibros es publicada por el Instituto de Geografía de la Pontificia Universidad Católica de Chile con el objetivo de difundir trabajos de carácter geográficos y obras vinculadas al conocimiento espacial y territorial. Todos los textos recibidos son remitidos a pares evaluadores ciegos.

Idea original y edición general del libro: Axel Borsdorf y Carla Marchant

Lectura y revisión de estilo: Carla Marchant y Rafael Sánchez

Apoyo editorial: Felipe Aros

Fotografía portada: volcán Mocho-Choshuenco, por Benedikt Hora.

Diseño y Diagramación: Pedro Díaz Muñoz / diazpedro.dg@gmail.com

© Instituto de Geografía UC, 2020

Todos los derechos reservados. Prohibida la reproducción de figuras e ilustraciones sin autorización escrita de los autores.

Referencia: Borsdorf, A.; C. Marchant; A. Rovira y R. Sánchez (coordinadores). *Chile cambiando. Revisitando la Geografía regional de Wolfgang Weischet*. Santiago de Chile: Serie GEOlibros N° 36, Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile / Instituto de Ciencias Ambientales y Evolutivas, Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile, 2020.

Impresión: LOM

ISBN: 978-956-14-2718-1

10.G. Tsunamis y ecosistemas de playas arenosas: un caso de estudio en la costa del norte de Chile

EDUARDO JARAMILLO¹ Y CESAR BARRALES²

Aproximadamente, un 75% de la costa mundial libre de hielos, está representada por playas arenosas (Bascom 1980; Brown 2001), muchas de las cuales están en proceso de erosión (Bird 2000; Nordstrom 2000; Slott et al. 2006). El conocimiento de la respuesta de las playas arenosas a forzantes ambientales como aumento gradual del nivel del mar y frecuencia de tempestades producto del Cambio Climático actual, es por lo tanto fundamental, ya que las mismas proveen de importantes servicios ecosistémicos, como protección de la zona costera ante marejadas y tsunamis.

La erosión costera en el océano Pacífico varía estrechamente con los ciclos de ENSO (“El Niño Southern Oscillation”) (Barnard et al. 2015; 2017); por lo tanto, litorales afectados periódicamente por este fenómeno - como es el caso de la costa chilena - son especialmente proclives a perturbaciones ambientales de gran escala y riesgos asociados. Más aún, esta costa es paralela a la zona de encuentro de las placas tectónicas de Nazca y Sudamérica, por lo que está ubicada en una región tectónicamente activa y por lo tanto comúnmente afectada por grandes terremotos de subducción y tsunamis asociados (e.g. Beck et al. 1998; Comte et al. 1986).

1 Instituto de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile (Chile). Correo electrónico: ejaramillo@uach.cl

2 Instituto de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias, Universidad Austral de Chile (Chile). Correo electrónico: cesarbarrales.valdivia@gmail.com

La combinación de eventos climáticos extremos y actividad tectónica a lo largo de la costa chilena, ofrece la oportunidad única para evaluar la respuesta de los ecosistemas de playas arenosas a perturbaciones naturales como tsunamis provocados por perturbaciones atmosféricas (meteotsunamis o MT de aquí en adelante; Monserrat et al. 2006) y tsunamis resultantes de terremotos de subducción. En este estudio, se describe el escenario ambiental resultante en playas arenosas de la costa norte de Chile (ca. 30° S), luego de la ocurrencia de un MT (8 agosto 2015; Carvajal et al. 2017) y uno de origen tectónico (16 de septiembre 2015 o 16S), producto del terremoto de Illapel cuya magnitud momento fue $M_w=8,2$ (Tilman et al. 2016). Tal escenario ambiental incluye aspectos descriptivos de cambios en morfología de playas y análisis de relación entre esos cambios y las abundancias de la macroinfauna intermareal del litoral arenoso afectado.

El presente estudio se realizó durante el año 2015, a lo largo de las playas arenosas de la bahía de Coquimbo, costa del Norte Chico de Chile (Figura 1a.10.G.); se levantaron perfiles de playa y recolectaron muestras de macroinfauna a lo largo de cuatro transectos perpendiculares a la línea de costa (separados entre sí por 5 m) en tres sitios de muestreo ubicados en los costados norte y sur de la bahía (sitios 1 y 3, respectivamente) y en el sector medio de la misma (sitio 2) (Figura 1a.10.G.) (para más detalles de metodologías ver Jaramillo et. al. 2012). Los datos de terreno se obtuvieron aproximadamente una y tres semanas después del TM (15-16 y 27-29 agosto 2015, respectivamente) y diez días y tres meses después del tsunami (T) ocurrente luego del terremoto del 16S (25-26 septiembre y 13-15 diciembre 2015, respectivamente). Se compararon tres períodos de tiempo: tiempo 1=datos recolectados aproximadamente tres semanas después del TM (27-29 agosto) *vs.* datos obtenidos 1 semana después del mismo (15-16 agosto), tiempo 2=datos recolectados aproximadamente diez días después del T (25-26 septiembre) *vs.* datos recolectados tres semanas después del TM (27-29 agosto) y tiempo 3=datos recolectados aproximadamente tres meses después del T (13-15 diciembre) *vs.* datos recolectados diez días después de la ocurrencia del mismo. El análisis de los tiempos 1 y 2, permitió evaluar

la respuesta del ecosistema frente al TM y al T respectivamente, a la vez que el estudio del tiempo 3 permitió conocer la respuesta en el mediano plazo de las playas arenosas a las perturbaciones estudiadas.

Las Figuras 1b.10.G. y 1c.10.G. muestran la ocurrencia de perfiles erosivos y cóncavos en los niveles superiores del intermareal de los sitios 1 y 2 después del TM (15-16 agosto), situación que se mantiene hasta antes de la ocurrencia del tsunami del 16S (27-29 agosto); hasta antes de este último, los perfiles del sitio 3 mostraron escasa variabilidad en la forma de los mismos. Diez días después del tsunami del 16S (perfiles del 25-26 septiembre), se observó acreción de arena en los sitios 1 y 2 (i.e. desaparición de perfiles erosivos) lo que contrasta con los perfiles erosivos del sitio 3, situación que se mantuvo hasta el final de este estudio (diciembre 2015).

La Figura 2a.10.G. muestra la dinámica temporal de erosión & acreción de arena en los sitios de estudio a través de la comparación entre períodos sucesivos de las áreas bajo los perfiles de playa. Los perfiles de playa de los sitios 1 y 3 no mostraron mayor variabilidad al comparar datos recolectados tres semanas después del TM vs. datos recolectados una semana después del mismo (tiempo 1); por el contrario, y durante ese mismo período, los perfiles del sitio 2 mostraron acreción de arena. El análisis de los perfiles durante el tiempo 2 (situación de las playas diez días después del tsunami), muestra que los del sitio 1 no mostraron mayor variabilidad, los del sitio 2 siguieron en acreción de arena y los del sitio 3 entraron en una fuerte erosión. Durante el tiempo 3 (tres meses después del tsunami vs. diez días después del mismo) los perfiles de playa de los sitios 1 y 2 continuaron en acreción de arena, mientras que los del sitio 3 continuaron en erosión. Los resultados desplegados en las Figuras 1b.10.G., 1c.10.G. y 2.10.G., muestran que el TM afectó primariamente a las playas del costado norte y centro de la bahía de Coquimbo, mientras que el tsunami afectó primariamente a playas ubicadas en el costado sur de la misma.

La Figura 2b.10.G. muestra la respuesta de la macroinfauna intermareal frente a la ocurrencia del TM y del tsunami del 16S. Esta se evidencia al analizar la

relación entre la variabilidad temporal de esa macroinfauna y la de los porcentajes de erosión y acreción de arena de cada sitio en cada período de tiempo analizado (cf. Figuras 2a.10.G. y 2b.10.G.). Tres semanas después del TM (tiempo 1), las abundancias de la macroinfauna en los tres sitios fueron inferiores a 50.000 individuos por metro lineal de playa. Ya que no se contaba con datos pre TM, no estamos en condiciones de señalar si esas abundancias fueron bajas o no; sin embargo y debido a la ocurrencia de perfiles erosivos en playas del costado norte y parte central de la bahía de Coquimbo, se asume que tales abundancias son bajas y reflejan el efecto perturbador de este fenómeno. Aproximadamente diez días después de la ocurrencia del tsunami del 16S (tiempo 2), las abundancias de los sitios 1 y 2, fueron notoriamente más altas que luego del TM (especialmente la del sitio 1), a la vez que las del sitio 3 mostraron disminución. Durante el tiempo 3 (comparación entre los valores de abundancia estimados tres meses después del 16S vs. los estimados diez días después de esta perturbación), las abundancias en las playas de los tres sitios de muestreo fueron más altas que durante el tiempo 2.

En conclusión, los resultados de este estudio muestran que el TM y el tsunami del 16S, afectaron de modo diferencial la estructura física y biológica de las playas arenosas de la bahía de Coquimbo: mientras que el TM erosionó primariamente el sector medio y norte de esa bahía, el tsunami del 16S afectó primariamente al costado sur de la misma, cuya macroinfauna intermareal fue notoriamente afectada en sus abundancias poblacionales luego de esta perturbación. Por el contrario, las abundancias de la macroinfauna de las playas del costado norte y parte central de la bahía, aumentaron con la acreción gradual de arena en los mismos (cf. Figura 2b.10.G.). Esto muestra que los cambios en la macroinfauna intermareal de las playas arenosas de la bahía de Coquimbo, fueron concomitantes con la dinámica de erosión y acreción de arena luego del MT y tsunami del 16S. Tales antecedentes son relevantes para la toma de decisiones, en cuanto a las planificaciones de uso del borde costero, las que no pueden ser similares para extensiones de playas como las presentes en la bahía de Coquimbo.

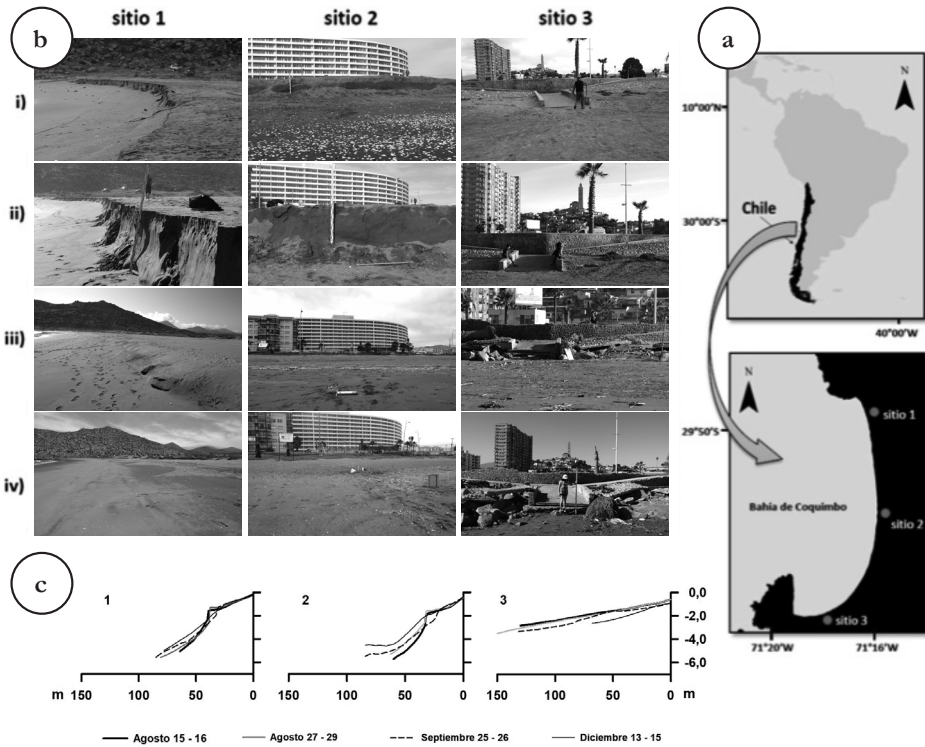


Figura 1.10.G. a) Localización de los sitios de estudio (1,2 y 3) en la bahía de Coquimbo, litoral del Norte Chico, Chile; b) Fotografías seleccionadas para mostrar el efecto del TM y del tsunami del 16S en los niveles superiores y medios de los sitios de estudio: filas i y ii=15-16 y 27-29 de agosto, aproximadamente una y tres semanas después del TM, respectivamente; filas iii y iv=25-26 septiembre y 13-15 diciembre 2015, aproximadamente diez días y tres meses después del 16S y del tsunami del 16S, respectivamente. Las flechas indican niveles de la playa donde después del TM se detectó marcada erosión de arena en los sitios 1 y 2 (filas i y ii) y niveles donde después del tsunami del 16S se detectó acreción de arena en esos mismos sitios (filas iii y iv). Las elipses de las dos fotografías de la derecha en las filas i y ii (antes del tsunami del 16S), se usan para contrastar con las de las filas iii y iv, donde se evidencia erosión de arena en los niveles superiores del sitio 3 luego de ese tsunami. c) Variabilidad temporal de los perfiles de playa en los sitios 1,2 y 3 durante el año 2015. Fuente: Elaboración propia.

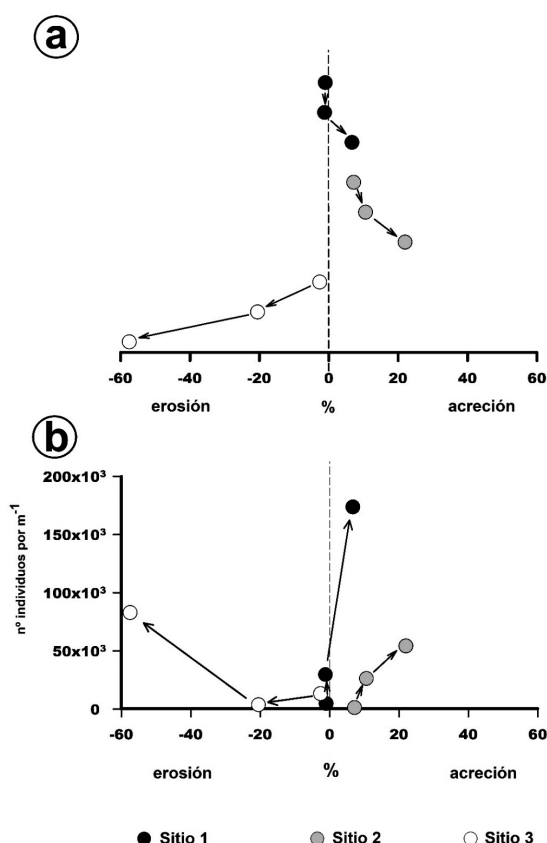


Figura 2.10.G. a) Variabilidad temporal de erosión y acreción de arena de los sitios 1, 2 y 3 durante los períodos o tiempos de estudio (ver texto); b) Relación entre la variabilidad de las abundancias poblacionales de la macroinfauna intermareal y la dinámica erosión & acreción de arena en cada sitio de estudio. Las flechas apuntan desde el inicio al término del período de estudio. Fuente: Elaboración propia.

10.G.1. Referencias bibliográficas

Barnard, P.L. et al. (2015). Coastal vulnerability across the Pacific dominated by El Niño / Southern Oscillation. *Nature Geoscience*, doi: 10.1038 / NGE02539.

Barnard, P.L. et al. (2017). Extreme oceanographic forcing and coastal response due to the 2015–2016 El Niño. *Nature Communication*, doi: 10.1038/ncomms14365

- Bascom, W. (1980). *Waves and Beaches*. New York: Anchor Press / Doubleday.
- Beck, S.; S. Barrientos; E. Kausel and M. Reyes (1998). Source characteristics of historic earthquakes along the central Chile subduction zone. *Journal of South American Earth Sciences* 11: 115-29.
- Bird, E.C.F. (2000). *Coastal Geomorphology: An Introduction*. Chichester: John Wiley & Sons Ltd.
- Brown A.C. (2001). Biology of sandy beaches (p. 2496-2504). In: Steele, J.H.; S.A. Thorpe and K.K. Turekian (eds). *Encyclopedia of Ocean Sciences*, Volume 5. London: Academic Press.
- Carvajal, M.; M. Contreras-López; P. Winckler and I. Sepúlveda (2017). Meteotsunamis occurring along the southwest coast of South America during an intense storm. *Pure and Applied Geophysics* 174: 3313-3323.
- Comte, D. et al. (1986). The 1985 Central Chile earthquake: A repeat of previous great earthquakes in the region? *Science* 233: 449-452.
- Jaramillo, E.; J. Dugan; D. Hubbard; D. Melnick; M. Manzano; C. Duarte; C. Campos and R. Sánchez (2012). Ecological Implications of Extreme Events: Footprints of the 2010 Earthquake along the Chilean Coast. *PLoS ONE* 7(5): e35348. doi:10.1371/journal.pone.0035348.
- Montserrat, S.; I. Vilibic and A.B. Rabinovich (2006). Meteotsunamis: atmospherically induced destructive ocean waves in the tsunami frequency band. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 6: 1035-1051.
- Nordstrom K.F. (2000). *Beaches and Dunes on Developed Coast*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Slott J.M.; A.B. Murray; A.D. Ashton and T.J. Crowley (2006). Coastline responses to changing storm patterns. *Geophysical Research Letters* 33: L18404.
- Tilman, F. et al. (2016). The 2015 Illapel earthquake, central Chile, a type case for a characteristic earthquake? *Geophysical Research Letters* 43: 574–583.