

EVOLUCIÓN MORFOLÓGICA DE LAS PLAYAS DEL GOLFO DE ARAUCO, CHILE, BAJO LA ACCIÓN DE OLEAJE ALTAMENTE ENERGÉTICO

Matías Gómez¹, Mauricio Villagrán¹, Rafael Aránguiz¹, Carolina Martínez²
y Arturo Belmonte³

¹Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Católica de la Santísima Concepción (UCSC), Chile.

²Instituto de Geografía, Pontificia Universidad Católica de Chile, Chile.

³Departamento de Geofísica, Universidad de Concepción.

E-mail: mgomez@ing.ucsc.cl, mvillagran@ucsc.cl, raranguiz@ucsc.cl, carolina.marine@gmail.com, abelmonte@dgeo.udec.cl

Resumen

El presente documento se enfoca en el estudio de la hidrodinámica y morfodinámica de las playas del Golfo de Arauco, Chile para diferentes climas de oleaje, ya sea local (SEAS) u oleaje proveniente de aguas profundas (SWELL). Para cuantificar la evolución morfológica de las playas del Golfo de Arauco debido a las condiciones de oleaje se caracterizó el oleaje en aguas profundas según su componente energético, distinguiéndose dos grupos principales: invierno-verano, además, estos se sub-clasifican según su naturaleza, para luego proceder a acoplar los módulos WAVE y FLOW del modelo numérico Delft 3D.

Los resultados de la caracterización del oleaje muestran que el oleaje predominante proviene del suroeste, mientras que el oleaje proveniente del noroeste es más energético. Por otro lado, se observa que el oleaje proveniente del suroeste es difractado por la isla Santa María, incidiendo con una baja componente energética en las playas de Coronel, Chivilingo, Arauco, Tubul y Llico, pero homogenizando el ángulo de aproximación para los casos analizados. En relación al modelo morfológico se aprecia una mayor tasa de transporte para el oleaje proveniente del noroeste a causa de una mayor velocidad de corrientes generadas producto del comportamiento de la onda y el análisis de la dinámica de sedimento permite estimar el comportamiento evolutivo de las playas del Golfo.

Introducción

La costa está constantemente adaptándose a las forzantes bajo las cuales está sometida. Esta adaptación se basa en el desplazamiento de la línea de costa producto de las forzantes (marea, viento, oleaje, corrientes) y actores disipadores de energía (transporte de sedimento y formas del fondo). Los efectos de esta dinámica se reflejan en la acreción o erosión del sedimento a lo largo de la costa. Las principales causas de pérdida de sedimento en el litoral se deben al desequilibrio en el sistema producto de eventos extremos y a la acción antropológica (Becerra and Aguirre, 2017). Dado este desequilibrio es necesario determinar el tiempo de recuperación del sistema (bajo oleaje menos energético). Esta estimación se basa en el uso de modelos numéricos.

El objetivo del presente trabajo es determinar los patrones de transporte de sedimento y con ello, los cambios morfológicos en las playas del Golfo de Arauco debido a las forzantes generadas por el oleaje característico estacional. Esta información será la base para un modelo de toma de decisiones que se propondrá para optimizar la gestión de sedimentos en las playas del Golfo.

Área de estudio

El área litoral del Golfo de Arauco (ver Figura 1) es una planicie costera ubicada en el centro-sur de Chile (37.1°S, 73.3°W). Consiste en una extensión plana compuesta por diversas composiciones de arenas aportadas por el río Biobío

durante el Holoceno medio (Kaizuka et al., 1973). El Golfo de Arauco está conformado por un conjunto de playas entre las que se encuentran: Escuadrón, Coronel, Chivilingo, Arauco, Tubul, Llico y Punta Lavapie; (nombradas de Norte a Sur). Desde el río Biobío (frente al cañón submarino) hasta Coronel, el sedimento se caracteriza por tener un tamaño fino a mediano, de color negro de origen andino, producto de la actividad volcánica asociada al volcán Antuco en el valle del río Laja. A partir del sur de Coronel las arenas son finas de un origen costero y un color claro. Proviene principalmente de pequeños ríos y cuencas costeras.

El Golfo de Arauco tiene una clara orientación norte-sur, en el borde Este se encuentra el continente y al Oeste la isla Santa María. Esta isla tiene una superficie de 35 km², mide 11.5 km de largo, mientras que su ancho oscila entre los 0.5 y 6.5 km.

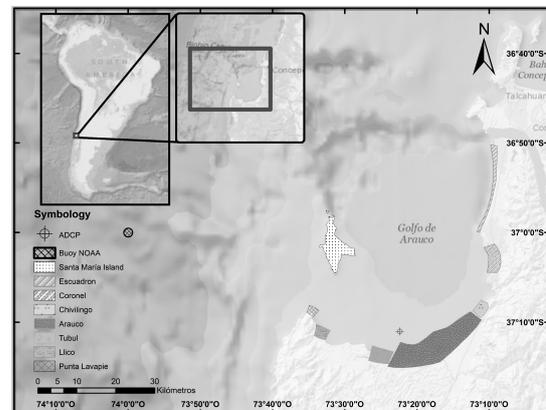


Figura 1.- Localización Golfo de Arauco, playas en estudio, boya NOAA y ADP.

Métodos

Fuente de Datos y Caracterización del Oleaje

Los datos de oleaje en aguas profundas (nodo 37°S 74°W) fueron adquiridos cada 3 horas a través del modelo numérico WaveWatchIII debido a que no se cuenta con sistemas de monitoreo de ondas en aguas profundas en Chile. Se analizó la boya de la NOAA (ver Figura 1) entre los años 2005-2017, caracterizando el oleaje según procedencia y dirección de la onda en aguas profundas (Gómez et al., 2018).

Simulación numérica en Delft 3D

En este estudio se realizaron modelaciones acopladas de propagación de oleaje, hidrodinámica y morfodinámica. La propagación del oleaje hacia la costa se realizó mediante el modelo SWAN, incorporado en el módulo WAVE del software Delft 3D. El modelo SWAN es basado en la ecuación de conservación de acción de la onda y es completamente espectral. Por otro lado, permite la interacción con corrientes. La hidrodinámica resulta de las corrientes inducidas debido al rompimiento de las olas. El módulo FLOW resuelve las ecuaciones de movimiento en dos y tres dimensiones. Se basa

en el sistema de ecuaciones de continuidad, momento horizontal, transporte para constituyentes conservativos y el modelo de cierre de la turbulencia. Finalmente, el transporte de sedimento y variación morfológica se determinó mediante el modelo morfodinámico. El transporte en suspensión es calculado resolviendo la ecuación tridimensional de advección-difusión, en donde, las velocidades locales del flujo y la difusión turbulenta están basadas en los resultados de los cálculos hidrodinámicos.

La batimetría detallada del sector, se construyó a partir de la base de datos GEBCO, cartas náuticas y batimetrías de detalle obtenidas en el proyecto DIN 13-2011-UCSC. Para el módulo SWAN, se tiene grillas anidadas, en donde, la grilla superior tiene una dimensión de 2794 km² y un tamaño de celda de 120x120m, mientras que las grillas pequeñas son de dimensiones variables para cada playa y tienen un tamaño de celda de 40x40m. Para el módulo FLOW, la grilla es más fina y abarca hasta los 20m de profundidad de cada playa y tiene un tamaño de celda de 10x10m.

Resultados

En la Tabla 1 se ilustran los 4 casos con mayor porcentaje de ocurrencia para el oleaje incidente en el Golfo entre los meses de abril a septiembre.

El oleaje predominante proviene del Suroeste con un 83.3% de ocurrencia (ver Tabla 1). Por otro lado, se observa una mayor altura de ola en los meses de invierno (abril-septiembre).

Tabla 1.- Oleaje característico para los meses abril-septiembre.

	Dir	Tipo	Tp	Hs	Thp	Incidencia
	[-]	[-]	[s]	[m]	[°]	[%]
Caso 1	SW	Mixto	13.3	3.09	226.4	83.37
Caso 2	W	Mixto	11.9	3.12	259.09	13.78
Caso 3	NW	SWELL	8.7	3.72	309.95	1.37
Caso 4	N	Mixto	7.4	3.78	352.77	0.69

En la Figura 2 se observa como el oleaje proveniente del suroeste es difractado por la isla Santa María, disminuyendo considerablemente la altura de ola incidente en las playas al interior del Golfo, reduciendo la capacidad de transporte en las playas de Coronel, Chivilingo, Arauco, Tubul y Llico.

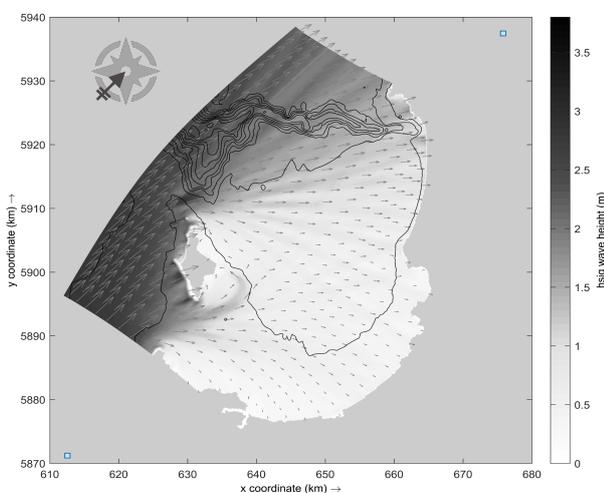


Figura 2.- Propagación oleaje Caso 1.

Las Figuras 3 y 4 ilustran el transporte de sedimento en las playas de Escuadrón y Arauco respectivamente para los Casos 1 y 3. De esto se desprende que se tiene una mayor tasa de transporte para el oleaje proveniente del noroeste (Caso 3) debido a la baja difracción a la cual es sometida el oleaje y al

mayor contenido energético de la onda.

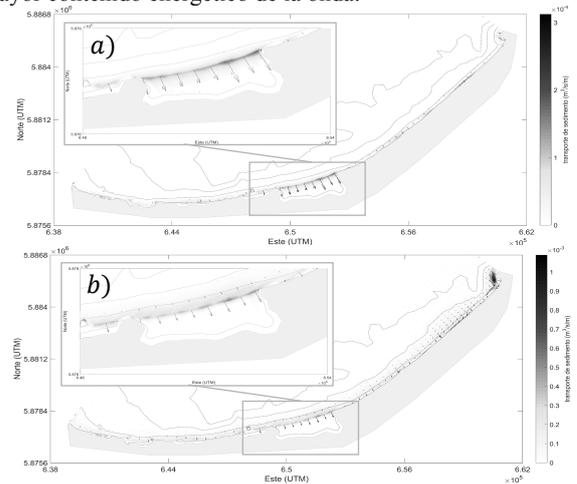


Figura 3.- Transporte de sedimento (m³/s/m) en playa de Arauco para: a) Caso 1. b) Caso 3.

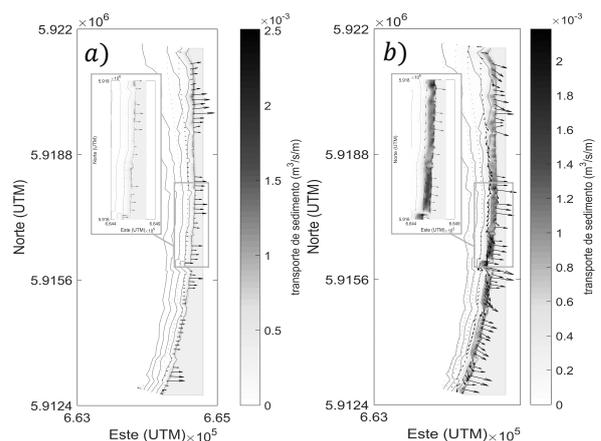


Figura 4.- Transporte de sedimento (m³/s/m) en playa de Escuadrón norte para: a) Caso 1. b) Caso 3.

Conclusiones

El oleaje en aguas profundas presenta un alto contenido energético, característico de la latitud. El oleaje proveniente del noroeste presenta una mayor tasa de energía, tanto en aguas profundas como en aguas intermedias, esto debido a la baja difracción producida por la isla Santa María. A pesar de que el porcentaje de ocurrencia de este oleaje es bajo, la energía asociada a este y la dirección con la que incide en las playas conlleva a una alta tasa de transporte de sedimento.

La isla de Santa María es un factor fundamental en la propagación del oleaje proveniente del suroeste dentro del Golfo, otorgándole una dirección característica a la onda en las playas. Los patrones de transporte de sedimento predicen un estado de acreción entre las playas de Coronel y Chivilingo, coincidiendo con lo obtenido por Gómez et al. (2018).

Referencias bibliográficas

- Becerra, D., and Aguirre, C. (2017). "Caracterización de las marejadas del verano 2015-2016 y su relación con el fenómeno El Niño". *XXIII Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica*, Chile.
- Gómez, M.; Villagrán, M.; Martínez, C., and Belmonte, A. (2018). "Characterizing the Longshore Sediment Transport Pattern on Beaches in the Gulf of Arauco, Chile, to Assess Morphological Shoreline Evolution". *Journal of Coastal Research* #85 (en prensa).
- Kaizuka, S.; Matsuda, T.; Nogami, M., and Yonekura, N. (1973). "Quaternary Tectonic and Recent Seismic Crustal Movements in the Arauco Peninsula and its Environs, central Chile". *Georg. Rep. Tokyo Metropol. Univ.*, 8:1-49.