

## UN EMULADOR DE ESPECTROS DEL OLAJE BASADO EN TIPOS DE TIEMPO

A. Rueda<sup>1</sup>, C.A. Hegermiller<sup>3</sup>, J. A. A. Antolinez<sup>1</sup>, P. Camus<sup>2</sup>, S. Vitousek<sup>3</sup>, P. Ruggiero<sup>4</sup>, P. L. Barnard<sup>3</sup>, L. H. Erikson<sup>3</sup>, A. Tomás<sup>2</sup>, F.J. Méndez<sup>1</sup>

1. *Surf and Surge Research Group, Dept. CYTAMA. E.T.S.I.C.C.P. Universidad de Cantabria, Av/ Los Castros, s/n 39005 Santander, Cantabria.*

2. *Instituto de Hidráulica Ambiental, IH Cantabria. Universidad de Cantabria. c/ Isabel Torres nº15 Parque Científico y Tecnológico de Cantabria 39011 Santander, Cantabria.*

3. *Pacific Coastal and Marine Science Center, United States Geological Survey, Santa Cruz, CA, USA.*

4. *College of Earth, Ocean, and Atmospheric Sciences, Oregon State University, Corvallis, Oregon, USA*

### INTRODUCCION

La caracterización de espectros direccionales del oleaje es importante para diferentes y variadas aplicaciones costeras, como predicción del oleaje, análisis de riesgos (erosión, inundación, agitación portuaria) y diseño de estructuras marítimas. Sin embargo, debido a la naturaleza multivariada y multi modal del oleaje es éste un problema complejo, aunque abordable mediante simulación numérica. Por otro lado, la utilización de técnicas de downscaling estadístico, que consisten en relacionar un predictor de gran escala (presión a nivel del mar) con un predictando local (estados de mar), para la caracterización de estados multimodales del oleaje está aún sin explorar. Hasta ahora se habían desarrollado métodos de downscaling estadístico para la caracterización de diferentes parámetros univariados del oleaje (altura de ola significativa  $H_s$ , periodo de pico  $T_p$ , dirección  $D$ ) (Camus et al. (2014b), Rueda et al. (2016b)), pero en situaciones donde encontramos estados bimodales o multimodales, es decir donde el oleaje que llega a un determinado lugar proviene de zonas de generación diferentes, estas técnicas necesitan ser adaptadas para tener en cuenta la posible iteración de distintos estados de mar (mar de viento y mar de fondo).

Este trabajo presenta un modelo de downscaling estadístico basado en tipos de tiempo para predecir espectros multimodales del oleaje (ej. Altura de ola significativa ( $H_s$ ), periodo ( $T_p$ ) y dirección media ( $D$ ) que han sido originados por diferentes sistemas de tormentas, combinando estados de mar de viento y mar de fondo) mediante campos de presiones a nivel del mar. Para cada tipo de tiempo, las variables de interés son modeladas usando una distribución categórica de los tipos de estados de mar y la estructura de dependencia multivariada del predictando se introduce relacionando las distribuciones marginales univariadas mediante cópulas. La cronología a escala diaria de los tipos de tiempo ha sido modelada mediante una cadena de markov. Este modelo estadístico ha sido aplicado en el sur de California, donde estados de mar de viento locales se combinan con mar de fondo del hemisferio norte y sur simultáneamente dando lugar a espectros del oleaje multimodales. Estos estados multimodales del oleaje son los que condicionan los procesos costeros (Crosby et al., 2016), y por tanto su correcta caracterización estadística, nos permitirá entender y modelar con mayor precisión los eventos de inundación y/o erosión en la costa, así como la fiabilidad de las estructuras costeras, entre otras necesidades.

### METODOLOGÍA

La metodología desarrollada (figura 1) está basada en un número de pasos agrupados en cuatro módulos (A) parametrización de los datos espectrales del oleaje, (B) modelo estadístico del predictor, (C) modelo estadístico del predictando, y (D) simulación estocástica de series temporales del predictando multivariado basado en la probabilidad de ocurrencia de los tipos de tiempo. Esta metodología se basa en trabajos previos (Perez et al, 2014; Camus et al, 2014a, Camus et al 2014b, Rueda et al, 2016a, Rueda et al, 2016b), y nuevas contribuciones, las cuales permiten modelar estados de mar más complejos y están destacadas en cajas grises en la figura 1.

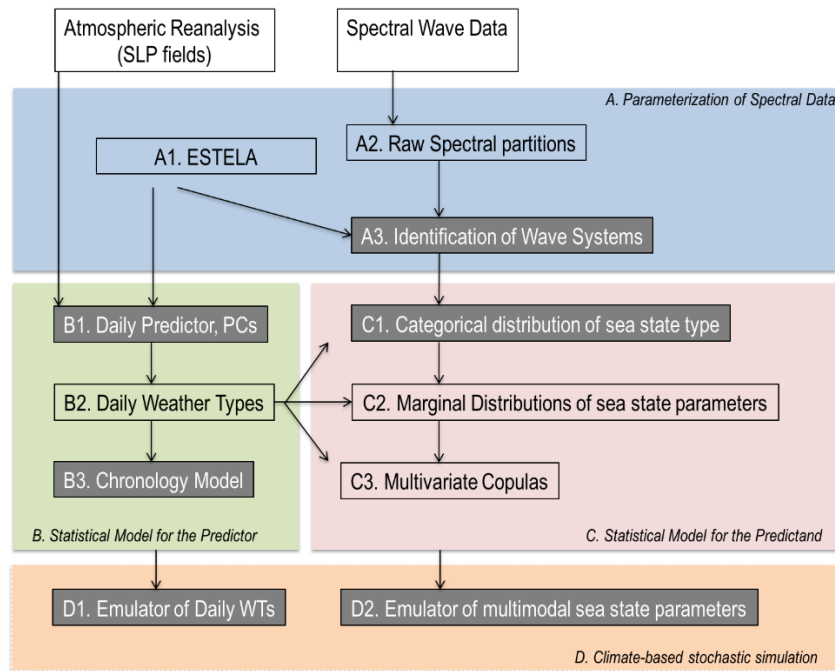


Figura 1. Metodología para la generación de espectros multimodales basados en tipos de tiempo. (Rueda et al. 2016c)

## CONCLUSIONES

Este trabajo presenta un modelo basado en tipos de tiempo que estocásticamente simula series temporales de espectros multimodales del oleaje. El modelo está basado, por tanto, en la agrupación de los espectros diarios del oleaje según situaciones atmosféricas similares en las zonas de generación, lo que denominamos, tipos de tiempo. Los estados multimodales espectrales están parametrizados en términos de  $H_s$ ,  $T_p$  y  $D$  para cada familia de oleaje (mar de viento y mares de fondo originados en diferentes localizaciones), cuyas diferentes combinaciones dan lugar a determinados estados de mar tipo (unimodales o multimodales).

El modelo estadístico pretende ayudar en la caracterización del comportamiento estocástico de las condiciones de contorno, las cuales a su vez presentan variabilidad climática (estacionalidad, variabilidad interanual), necesarias para los estudios de impactos costeros. Y cuya finalidad es generar series sintéticas, permitiendo el modelado probabilista de inundación y erosión costera (entre otras aplicaciones), para diferentes periodos de tiempo, desde reconstrucción de series temporales históricas, a predicción estacional o proyecciones de cambio climático.

## REFERENCIAS

- Camus, P., Méndez, F.J., Losada, I.J., Menéndez, M., Espejo, A., Pérez, J., Rueda, A., Guanche, Y., 2014a. A method for finding the optimal predictor indices for local wave climate conditions. *Ocean Dynamics*, 64(7), 1025-1038. doi:10.1007/s10236-014-0737-2.
- Camus, P., Menéndez, M., Méndez, F.J., Izaguirre, C., Espejo, A., Canovas, V., Perez, J., Rueda, A., Losada, I.J., Medina, R. (2014b). A weather-type statistical downscaling framework for ocean wave climate, *Journal of Geophysical Res.* DOI 10.1002/2014JC010141.
- Crosby, S.C., O'Reilly, W.C., Guza, R., 2016. Modeling long period swell in southern California: practical boundary conditions from buoys observations and global model predictions, *Journal of Atmospheric and Oceanic Technology*, doi: 10.1175/JTECH-D-16-0038,1.
- Perez, J., Menéndez, M., Méndez, F.J., Losada, I.J. (2014b) ESTELA: A method for evaluating the source and travel-time of the wave energy reaching a local area. *Ocean Dynamics*, DOI 10.1007/s10236-014-0740-7.
- Rueda, A., Camus, P., Méndez, F.J., Tomás, A., Luceño, A. 2016a. An extreme value model for maximum wave heights based on weather types. *J. Geophys. Res. Oceans*, 121, 1262-1273, 10.1002/2015JC010952.
- Rueda, A., Camus, P., Tomás, A., Vitousek, S., Méndez, F.J. 2016b. A multivariate extreme wave and storm surge climate emulator based on weather patterns. *Ocean Modelling*, 104, 242-251, doi: 10.1016/j.ocemod.2016.06.008
- Rueda A., Hegermiller C.A., Antolínez J. A. A., Camus P., Vitousek S., Ruggiero P., Barnard P. L., Erikson L. H., Tomás A., Méndez F.J. (2016c). Multiscale climate emulator of multimodal wave spectra: MUSCLE-SPECTRA. *J. Geophys. Research. Oceans*, 10.1002/2016JC011957