

CO-OCURRENCIA DE OLAS DE FRÍO Y CALOR ATMOSFÉRICAS Y MARINAS EN LA COSTA URUGUAYA DE MAYO A OCTUBRE

Yilian Montesino¹ & Madeleine Renom^{1,2} & Gastón Manta¹

yilian.montesino@fcien.edu.uy

¹Departamento de Cs. de la Atmósfera y Física de los Océanos, Instituto de Física, Facultad de Ciencias (Udelar)

²Instituto Uruguayo de Meteorología (Inumet)

Palabras clave: Extremos de temperatura, interacción océano atmósfera, eventos compuestos

1) INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas, el calentamiento global ha intensificado los eventos extremos de temperatura en la atmósfera y el océano (IPCC, 2021), con impactos negativos sobre los ecosistemas y las actividades humanas. En Uruguay, los estudios siguen siendo limitados, especialmente sobre eventos durante el semestre frío y su interacción aire-mar, a pesar de su potencial para amplificar estos eventos (De Mello, 2024; Manta et al., 2018; Pastor et al., 2024). Este estudio busca identificar y caracterizar la co-ocurrencia de olas de calor y frío en la costa uruguaya, evaluando su distribución espacio-temporal y los patrones atmosféricos asociados.

2) METODOLOGIA

Se utilizaron datos diarios de temperatura máxima (Tx) y mínima (Tn) de las estaciones meteorológicas de superficie más cercanas a la costa: La Estanzuela (Colonia), Carrasco (Canelones) y Rocha (Rocha) (1982–2018), provistos por INUMET e INIA. Para el océano, se utilizaron datos diarios de temperatura superficial del mar (TSM) (OISST, NOAA), seleccionando tres puntos cercanos a estas estaciones.

Las olas de calor (frío) atmosféricas (OCA/OFA) se definieron como períodos de al menos tres días consecutivos con Tx y Tn por encima (debajo) de los percentiles diarios 90 (10), respectivamente (Rusticucci et al., 2016). En el caso de las olas marinas (OCM/OFM), se consideraron eventos de al menos cinco días con temperatura superficial del mar (TSM) superior o inferior a esos mismos percentiles (Hobday et al., 2016). La co-ocurrencia se evaluó mediante la coincidencia diaria de eventos entre estaciones costeras (sitio 1) y puntos marinos adyacentes (sitio 2), considerando desfases temporales (lags) de -4 a $+4$ días, normalizados por el menor número de eventos y comparados respecto al lag 0. Se definieron como olas coexistentes de calor (OCC_50) o frío (OFC_50) aquellas registradas simultáneamente en al menos dos estaciones costeras y dos puntos marinos.

3) RESULTADOS

En la Figura 1 se destaca una mayor duración y persistencia de las olas marinas en comparación con las atmosféricas, con lo cual se refleja la inercia térmica del océano. Asimismo, en el estuario se observa que las OFM presentan una mayor duración que las OCM, en relación con la costa atlántica. También se muestra una fuerte predominancia en frecuencia y duración de OCA sobre las OFA en el sur-sureste.

La co-ocurrencia entre olas atmosféricas y marinas mostró diferencias según el tipo de evento (Figura 2). En las olas de calor, las coincidencias aumentaron desde lag -2 , con mayor persistencia en Rocha y un acoplamiento más breve en Carrasco. En las olas de frío, las coincidencias fueron más altas, destacándose la sincronía en Carrasco, la anticipación

atmosférica en Estanzuela y la menor persistencia en Rocha. Con esto se observa un comportamiento del estuario más en sincronía con la atmosfera con relación al océano, esperable al ser más llano. En conjunto, se evidenció un acoplamiento más intenso en eventos fríos, con patrones espaciales diferenciados. Los lags positivos no indicaron precedencia de eventos oceánicos.

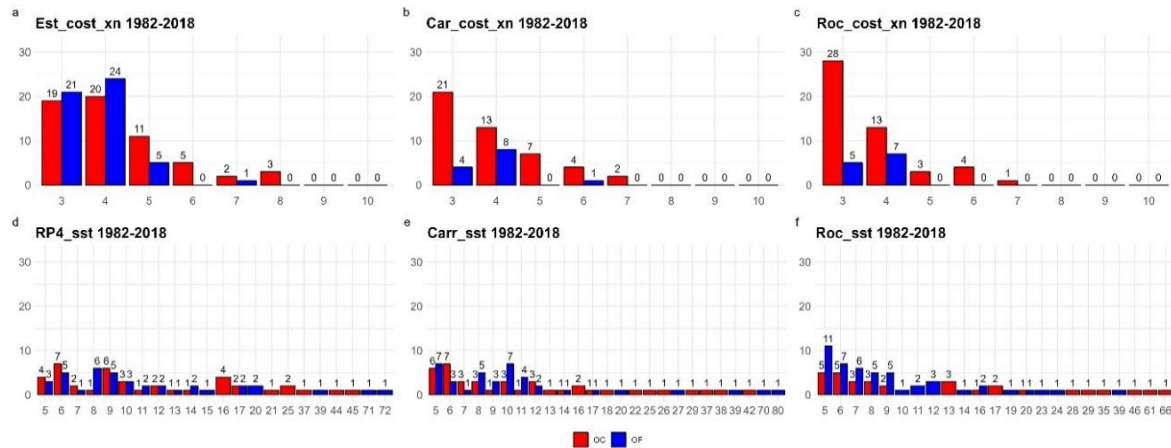


Figura 1. Duración de las olas atmosféricas (arriba) y marinas (abajo) en los sitios de estudio: (a-c) Sitio 1 y (d-f) Sitio 2.

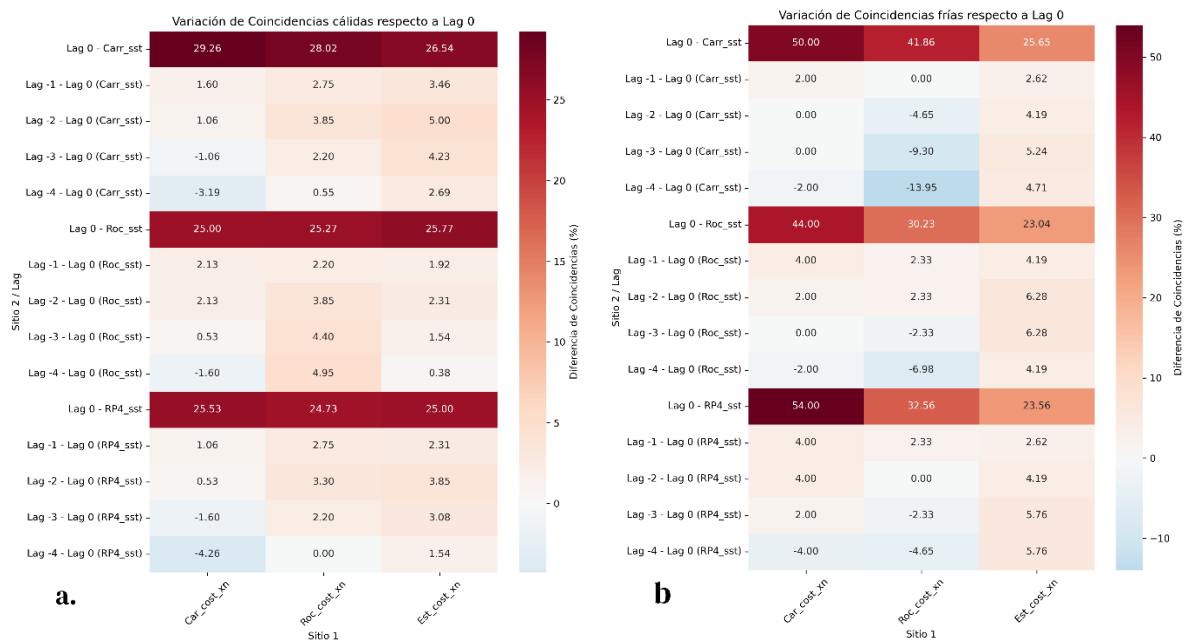


Figura 2. Variación de coincidencia de olas cálidas (a) y frías (b) entre sitios, en función del desfase temporal (lag). El lag 0 indica coincidencia simultánea; los lags negativos reflejan una ocurrencia previa en la atmósfera.

Se observó una mayor frecuencia de OCC_50 (13 eventos) frente a las OCF_50 (5 eventos) en la región costera. Los patrones sinópticos asociados (Figura 3) mostraron anomalías de t2m y TSM significativas. Estas OCC_50 (paneles izquierdos) se vincularon a la Baja del Chaco y una alta presión en el Atlántico suroccidental desplazada al S-SW, que intensificaron los vientos del noreste. En contraste, las OCF_50 (paneles derechos) se asociaron a un anticiclón en el Pacífico Sur y un ciclón en el Atlántico, favoreciendo el ingreso de aire frío y un enfriamiento marcado en la franja litoral.

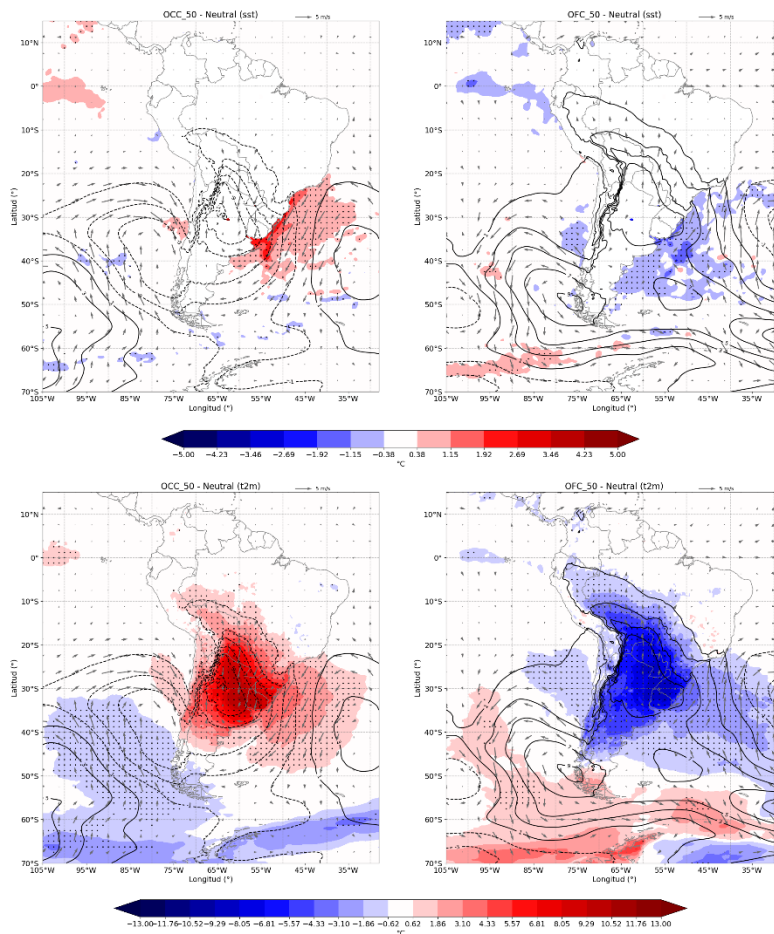


Figura 3. Composites sinópticos de las OCC_50 y OFC_50, con anomalías de TSM y t2m, presión a nivel del mar (hPa), viento a 10 m (m/s) y regiones con significancia estadística del 1% en las anomalías térmicas (prueba t de Student).

M. T., Donat, M. G., Feng, M., Holbrook, N. J., Moore, P. J., Scannell, H. A., sen Gupta, A., y Wernberg, T., 2016: A hierarchical approach to defining marine heatwaves. *Progress in Oceanography*, 141, 227–238.

IPCC, 2021: Weather and Climate Extreme Events in a Changing Climate. In *Climate Change 2021 – The Physical Science Basis* 1513–1766.

de Mello, S., (2024.): Caracterización de las olas de calor en Uruguay, análisis de la variabilidad interanual y variabilidad diaria. Tesis de maestría. Universidad de la República (Uruguay). Facultad de Ciencias - PEDECIBA.

Manta, G., de Mello, S., Trinchin, R., Badagian, J., y Barreiro, M., 2018: The 2017 Record Marine Heatwave in the Southwestern Atlantic Shelf. *Geophysical Research Letters*, 45(22), 12,449–12,456.

Pastor, F., Paredes-Fortuny, L. y Khodayar, S., 2024: Mediterranean marine heatwaves intensify in the presence of concurrent atmospheric heatwaves. *Commun Earth Environ* 5, 797.

Rusticucci, M., Kysely, J., Almeida, G., y Lhotka, O., 2016: Long-term variability of heat waves in Argentina and recurrence probability of the severe 2008 heat wave in Buenos Aires. *Theoretical and Applied Climatology*, 124(3–4), 679–689.

4) CONCLUSIONES

Las olas coexistentes de calor dominan en la zona costera, revelando un acoplamiento liderado por la atmósfera con leve desfase temporal hacia el océano, mientras que las olas de frío son menores en cantidad pero con una mayor sincronización. Los patrones sinópticos muestran circulación diferenciada para cada tipo de evento, modulada por la Baja del Chaco y el Anticiclón del Atlántico Sur, que favorecen la advección de masas de aire cálidas o frías.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos el financiamiento recibido a través del del programa de becas de ANII y la Comisión Académica de Posgrado (CAP).

REFERENCIAS

Hobday, A. J., Alexander, L. v., Perkins, S. E., Smale, D. A., Straub, S. C., Oliver, E. C. J., Benthuisen, J. A., Burrows,