

ONDAS DE TORMENTA GENERADAS EN EL OCÉANO PACÍFICO SURORIENTAL Y SU IMPACTO SOBRE LA PLATAFORMA CONTINENTAL ARGENTINA

Matías G. Dinápoli¹, Claudia G. Simionato¹
matias.dinapoli@cima.fcen.uba.ar

¹Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera, CONICET–UBA

²Instituto Franco-Argentino Para el Estudio del Clima y Sus Impactos (IRL 3351 IFAECI)

³Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, FCEN, UBA

Palabras clave: Ondas de Tormenta, Plataforma Continental Argentina, Sinóptica.

1) INTRODUCCIÓN Y MOTIVACIONES

Recientemente los trabajos de Alonso et al. (2024) y M. G. Dinápoli et al. (2024) demostraron que en la Plataforma Continental Argentina (PCA) se generan ondas de tormenta (ODT) forzadas regionalmente por sistemas migratorios de presión atmosférica. Durante su propagación, estos sistemas generan vientos con componente a lo largo de la costa (sur/norte) que pueden aumentar o disminuir el nivel del mar mediante transporte de Ekman. A medida que el sistema atmosférico migra hacia el este, la anomalía del nivel del mar forzada se relaja y viaja libremente hacia el norte siguiendo la dinámica de ondas de Kelvin en el Hemisferio Sur. Además de contar con un impacto en la erosión costera, especialmente en Mar del Plata (Bacino et al., 2023), estas anomalías eventualmente alcanzan el estuario del Río de la Plata donde son capaces de causar inundaciones que afectan a las viviendas e infraestructura (Dinápoli et al., 2023; D’Onofrio & Fiore, 1998), o bajantes que perjudican la navegación y a tomas de agua potable en una de las zonas más pobladas de Sudamérica.

Aunque Alonso et al. (2024) y M. G. Dinápoli et al. (2024) describieron exhaustivamente la génesis, dinámica y variabilidad de las ODT en la PCA y en el Río de la Plata, sus modelos se limitaron a esta región, ignorando posibles forzantes remotos. Dado que las ondas de Rossby atmosféricas se propagan hacia el este a lo largo de los jets subtropical ($\sim 30^\circ\text{S}$) y subpolar ($\sim 60^\circ\text{S}$) (Vera et al., 2002), alguna de ellas podrían generar ODTs en el Océano Pacífico Suroriental (costa chilena) que posteriormente pudiera llegar a la PCA propagándose como ondas de Kelvin. De ser así, los modelos de pronóstico que excluyan el Pacífico tendrían un error que es importante cuantificar. En ese sentido, este trabajo estudia la posible ocurrencia de ODTs generadas remotamente en el Pacífico Suroriental y su potencial impacto en la PCA. Para ello se utilizaron 40 años de simulaciones numéricas horarias que incluyen y no incluyen al Pacífico Sudoriental. El modelo numérico utilizado es el Sistema para el Modelado del Mar Argentino (SiMMAR), una adaptación barotrópica del modelo oceanográfico CROCO (<http://www.croco-ocean.org>; Debreu et al., 2012). Para más información de SiMMAR y sus aplicaciones para pronósticos y estudios de procesos se remite al lector a Dinápoli y Simionato (2025) y las referencias citadas allí.

2) RESULTADOS Y CONCLUSIONES

Dado que este trabajo se centró en ODTs, sólo se consideró la respuesta oceánica en la escala sinóptica atmosférica (períodos menores a 10 días). Por ello, todos los procesos en escalas interanual, estacional e intraestacional, así como la tendencia, fueron filtrados de las soluciones numéricas previo al análisis. Se encontró que la PCA es impactada por ODTs

generadas en el Pacífico Suroriental producto de las ondas de Rossby atmosféricas que viajan hacia el este a lo largo del jet subpolar. El mecanismo de generación y evolución de estos procesos serán discutidos a continuación en base a la Figura 1 que muestra el caso más representativo del proceso encontrado. Las ODTs remotas se generan cuando dichos sistemas atmosféricos y las anomalías de nivel del mar asociadas por efecto barómetro invertido alcanzan la costa. Allí la anomalía se transforma en una onda atrapada por la costa, cuya amplitud se refuerza por los vientos costeros asociados al sistema de presión mediante transporte de Ekman. Al migrar el forzante atmosférico hacia el este, la anomalía del nivel del mar avanza hasta llegar al PCA, donde la respuesta oceánica se divide en dos ramas: una que sigue al sistema de presión atmosférica hacia el océano profundo y otra, la ODT, que ingresa a la PCA y se propaga como una onda de Kelvin libre.

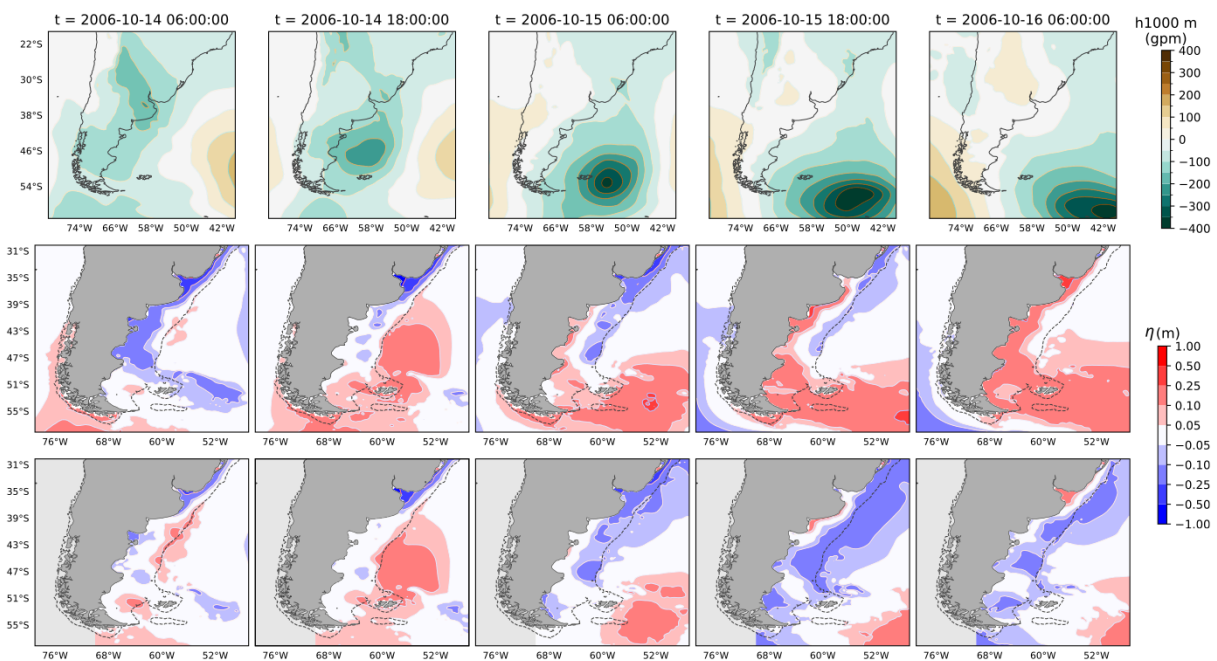


Figura 1. Evolución de geopotencial de 1000 hPa (panel superior), nivel del mar simulado considerando el Océano Pacífico Suroriental (panel central) y el nivel del mar sin considerar el Pacífico (panel inferior). Los campos corresponden a un evento ocurrido en octubre de 2006, los pasos temporales son cada 12 horas.

Estas ODT presentan amplitudes de hasta 0,30 m en la PCA central ($\approx 10\%$ de la anomalía regional forzada por la atmósfera). Su periodicidad es de unos 7,5 días y su actividad (intensidad/frecuencia) presenta un ciclo estacional marcado, con un máximo en invierno, ambas características coherentes con la dinámica de las ondas de Rossby subpolares. La actividad en escalas mayores exhibe una variabilidad interanual (2–7 años), con mayor intensidad en las últimas dos décadas simuladas (especialmente en la banda de 2–4 años). Esta modulación podría asociarse a la variabilidad climática del Hemisferio Sur, donde el SAM regula la posición del jet subpolar y el ENSO modula el *storm track* en latitudes altas. Este tema se abordará en futuros trabajos.

La frecuencia semanal de estas ODTs son una consecuencia natural de la dinámica atmosférica en altas latitudes y la orientación costera de Sudamérica. En contraste, las ODTs locales dependen de la alineación y persistencia de los vientos, por lo que su frecuencia no es regular. Aunque ambos tipos son generalmente independientes, ciertas configuraciones

atmosféricas pueden generar ambos eventos, que pueden superponerse en la PCA, reforzando o atenuando la anomalía final. La incorporación de las ODTs remotas en modelos de pronóstico reduce el error de simulación en $\approx 45\%$, lo que subraya la necesidad de entender la dinámica regional para mejorar los pronósticos. Los resultados no sólo revelan un proceso hasta ahora desconocido, sino que demuestran la necesidad de incluir el Pacífico Suroriental en futuras simulaciones de la PCA para lograr predicciones precisas.

CITAS Y REFERENCIAS

Alonso, G., Simionato, C. G., Dinápoli, M. G., Saurral, R., y Bodnariuk, N., 2024: Positive storm surges in the Río de la Plata Estuary: Forcings, long-term variability, trends and linkage with Southwestern Atlantic Continental Shelf dynamics. *Natural Hazards*. <https://doi.org/10.1007/s11069-024-06402-w>

Bacino, G., Alonso, G., Billet, C., Dragani, W., Bedmar, J., y Farenga, M., 2023: Assessing the morphological evolution of a breakwater-protected sandy beach by means of UAV surveys at Mar del Plata, Argentina. *Journal of South American Earth Sciences*, 127, 104379. <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2023.104379>

D'Onofrio, E., y Fiore, M., 1998: Niveles medios que aproximan al geoide en el litoral marítimo argentino. Informe Técnico N° 100/98, Departamento Oceanografía del Servicio de Hidrografía Naval.

Debreu, L., Marchesiello, P., Penven, P., y Cambon, G., 2012: Two-way nesting in split-explicit ocean models: Algorithms, implementation and validation. *Ocean Modelling*, 49–50, 1–21. <https://doi.org/10.1016/j.ocemod.2012.03.003>

Dinápoli, M. G., Ruiz, J. J., Simionato, C. G., y Berden, G., 2023: Improving the short-range forecast of storm surges in the Southwestern Atlantic Continental Shelf using 4DEnSRF data assimilation. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*. <https://doi.org/10.1002/qj.4509>

Dinápoli, M. G., Simionato, C. G., Alonso, G., Bodnariuk, N., y Saurral, R., 2024: Negative storm surges in the Río de la Plata Estuary: Mechanisms, variability, trends and linkage with the Continental Shelf dynamics. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 305, 108844. <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2024.108844>

Dinápoli, M. G., y Simionato, C. G., 2025: On the impact of Southeastern Pacific-generated storm surges on the Southwestern Atlantic Continental Shelf: Interoceanic connections through coastally trapped waves. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 130, e2024JC021685. <https://doi.org/10.1029/2024JC021685>

Vera, C. S., Vigliarolo, P. K., y Berbery, E. H., 2002: Cold season synoptic-scale waves over subtropical South America. *Monthly Weather Review*, 130(3), 684–699. [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(2002\)130<0684:cswswo>2.0.co;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(2002)130<0684:cswswo>2.0.co;2)