

¹Servicio Meteorológico Nacional (SMN), Buenos Aires, Argentina.

²Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA/CONICET-UBA), Buenos Aires, Argentina.

³Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (DCAO/FCEN-UBA), Buenos Aires, Argentina.

⁴Laboratorio Internacional de Investigación Instituto Franco-Argentino para el Estudio del Clima y sus Impactos (IRL IFAECI/CNRS-IRD-CONICET-UBA), Buenos Aires, Argentina.

RESUMEN

El Modelo para la Simulación de Ondas de Tormenta (MSOT) es un modelo barotrópico desarrollado por el Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera, transferido al Servicio Meteorológico Nacional (SMN) mediante el convenio generado en el marco del proyecto Pronosticando el Mar Argentino (PronoMar). Actualmente, MSOT se encuentra en una etapa experimental pre-operativa con 20 miembros y pronósticos de 48 horas, inicializados diariamente a las 00Z. La metodología actual del modelo MSOT incluye tres componentes de forzamiento: (i) mareas astronómicas mediante perturbaciones del modelo TPX09, (ii) descargas climatológicas de ríos regionales proporcionadas durante su traspaso al SMN y (iii) pronósticos de viento y presión de los 20 miembros de GEFS con una resolución temporal trihoraria y espacial de 0,5°.

En este trabajo, brindaremos información detallada sobre los aspectos de la ejecución operativa de MSOT y los potenciales beneficios de forzar el sistema con variables atmosféricas derivadas del pronóstico operativo del SMN. Este último es el modelo de pronósticos WRF-SMN que cuentan con una resolución temporal horaria y espacial de 4 km. Los resultados indican que en la utilización de vientos regionales presenta una tendencia en la mejora en la representación de los eventos meteorológicos, particularmente en las regiones someras tal como el litoral bonaerense.

Modelo para la Simulación de Ondas de Tormenta (MSOT)

Características

- MSOT se encuentra en una etapa pre-operativa produciendo pronósticos regionales (de 4 a 12 km) horarios del nivel del mar (η) y corrientes medias (u, v) a 48 horas inicializados diariamente a las 00Z, utilizando 20 miembros del modelo global Global Ensemble Forecast System (GEFS, <https://www.ncei.noaa.gov/>).
- El forzante se compone de la combinación de (Fig. 1, parte superior):
 - Cuatro perturbaciones de la marea astronómica derivadas del modelo global TPX09 (Dinapoli y otros, 2023)
 - Pronósticos de viento y presión en superficie de los 20 miembros de GEFS con una resolución temporal tri-horaria y espacial de 0,5°.
 - Descargas climatológicas de los principales ríos que descargan agua dulce al mar argentino.

Ejecución pre-operativa

Se compone de una fase de simulación, una de post-procesamiento y otra de verificación, esta última con un mes de diferido (Fig. 1, parte inferior):

- La simulación tiene una duración de ~20 s y utiliza 1 nodo para cada miembro de 32 cores y 98 GB de RAM. Totalizando 20 nodos y 640 cores para todo el ensamble.
- En el post-procesamiento se genera un archivo NetCDF en donde se concatenan los 20 miembros. El tamaño del archivo es de ~378M, y el tiempo de ejecución modal es de ~5 s.
- MSOT es verificado mensualmente utilizando las observaciones de los mareógrafos de la red del SHN. El tamaño de esta información oscila en alrededor de 1M mensual.

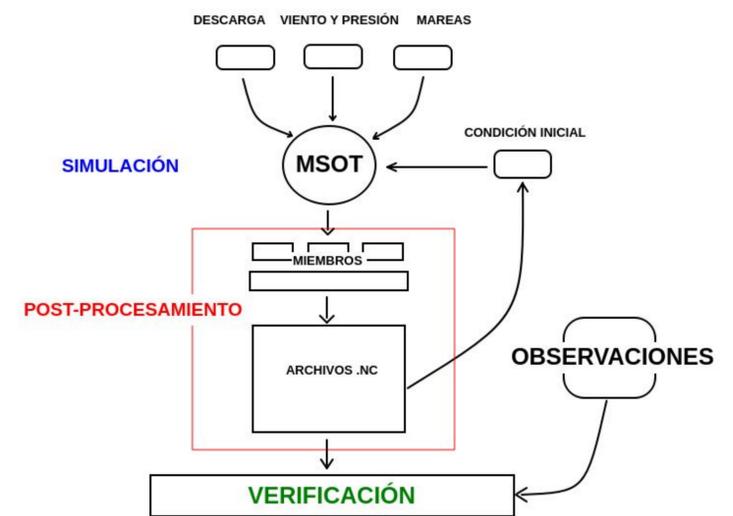


Figura 1. Diagrama de flujo de la ejecución pre-operativa de MSOT.

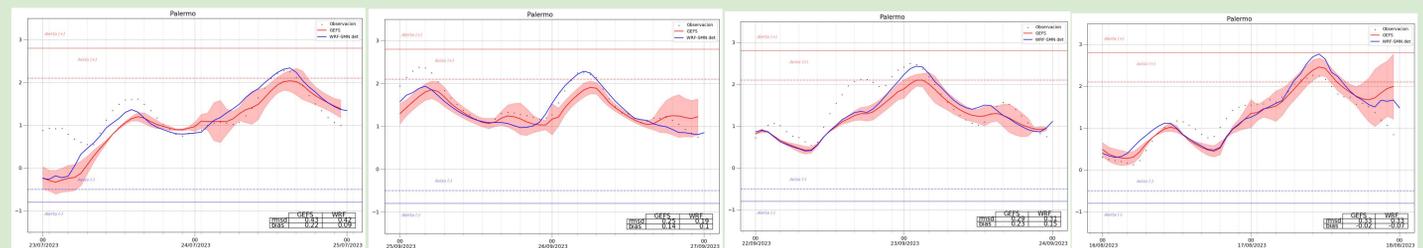
VERIFICACIÓN

- Se utilizaron 420 pronósticos de 48 h de η entre Julio 2022 y Octubre 2023 forzados atmosféricamente con GEFS y además se probaron simulaciones con forzante de alta resolución WRF (Dillon y otros, 2020). Se disponen de observaciones de los mareógrafos de Palermo (estuario), Mar del Plata (costa atlántica bonaerense) y Puerto Deseado (plataforma patagónica).

GEFS					
Estadísticos Generales		Puerto Deseado	Mar del Plata	Palermo	
	RMSD		0.30	0.21	0.26
	BIAS		0.08	0.22	0.04
WRF					
		Puerto Deseado	Mar del Plata	Palermo	
RMSD		0.25	0.19	0.28	
BIAS		0.16	0.23	0.01	

Desempeño de MSOT para el pronóstico eventos de ondas de tormenta positivas que ocurrieron en Buenos Aires

Los puntos negros indican las observaciones, en rojo el pronóstico de MSOT junto a su nivel de incerteza (sombra roja) y el pronóstico de MSOT forzado las soluciones del modelo WRF-SMN.

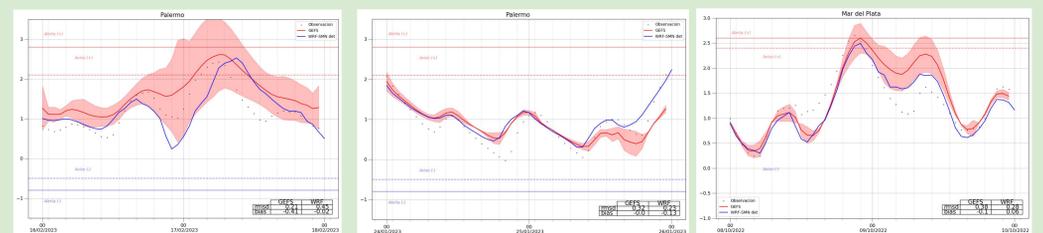


Verificación categórica del nivel de Aviso en Palermo

- Tablas de contingencia de eventos en que se superó el nivel de aviso en la estación Palermo (2.1 m).
- **Mayor cantidad de aciertos** usando el modelo GEFS y su dispersión.
- Usando el modelo WRF determinístico se tiene un **número menor de falsas alarmas** que con el GEFS.
- Usando GEFS se obtiene un **menor número de sorpresas**.

Pronóstico	Observación	
	Si	No
Si	75	36
No	27	320

Pronóstico	Observación	
	Si	No
Si	56	14
No	44	306



CONCLUSIONES

- Las simulaciones con GEFS presentan un mejor desempeño en el estuario, mientras que las de WRF-SMN lo hacen en la costa atlántica y la plataforma patagónica (no mostrado).
- El comportamiento complementario entre GEFS y WRF-SMN se observa también en la verificación categórica: GEFS presenta un mayor número de aciertos, pero también una mayor cantidad de falsas alarmas, mientras que WRF presenta menor cantidad de las mismas aunque mayor número de sorpresas.
- Las observaciones no siempre caen dentro del rango de incerteza del modelo, en ese sentido habría que estudiar alguna alternativa para generar mejores perturbaciones del forzante atmosférico con el fin de aumentar la representación de la incerteza de MSOT.
- Se espera incorporar técnicas de asimilación de datos para mejorar la calidad de la condición inicial de los pronósticos.

REFERENCIAS

- Dinápoli, M.G., Ruiz, J.J., Simionato, C.G. & 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, 149(755), 2333–2347).
- Dillon, M. E., C. Matsudo, Y. García Skabar, M. Sacco, 2020: Implementación del sistema de pronóstico numérico en el HPC: Configuración de los pronósticos determinísticos. Nota Técnica SMN 2020-78.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a De Azkue F. y Banegas L., integrantes del SHN, por proveer las observaciones de los mareógrafos y al convenio PronoMar por generar un marco de interacción entre los distintos institutos.