

# SIMULACIÓN DE LA ALTURA SIGNIFICATIVA DE OLAS CON EL MODELO WRF APLICADO A UN CASO DE BÚSQUEDA Y RESCATE DE PERSONAS EN EL MAR

Gabriel Rossi<sup>1</sup>, Lucas Zapata<sup>1,2</sup>  
[garossi@fcaglp.unlp.edu.ar](mailto:garossi@fcaglp.unlp.edu.ar)

<sup>1</sup>Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas (FCAG-UNLP)

<sup>2</sup>Grupo de Modelado Numérico de la Atmósfera FCAG-UNLP

**Palabras clave:** Modelado numérico, SAR, océano Atlántico sur.

## 1) INTRODUCCIÓN

El modelado numérico de la atmósfera constituye una herramienta fundamental para la simulación de variables meteorológicas y su interacción con el océano, permitiendo analizar eventos extremos y su impacto en la seguridad marítima. En este trabajo se implementó el modelo Weather Research and Forecasting (WRF) para simular el comportamiento del viento durante los días previos y posteriores a un evento de búsqueda y rescate de personas en el mar (SAR) ocurrido en noviembre de 2017 en el océano Atlántico. A partir de los campos de viento generados por WRF, se estimó la altura significativa de ola (SWH), comparando los resultados con los datos de reanálisis ERA5 del Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Plazo Medio (ECMWF).

Conocer con precisión la SWH es esencial para evaluar el estado del mar y su peligrosidad, especialmente durante operaciones navales, de búsqueda y rescate, o navegación en zonas de alta exposición. Esta variable resume estadísticamente la energía del oleaje y permite anticipar condiciones adversas que podrían comprometer la seguridad náutica. En el contexto de eventos SAR, una representación adecuada del oleaje puede ayudar a comprender los factores ambientales que condicionan los accidentes en la región y, en consecuencia, aportar herramientas para la prevención o mitigación de riesgos en futuras situaciones similares. El objetivo principal de este trabajo fue inferir la SWH para el periodo comprendido entre el 14 al 17 de noviembre de 2017 mediante simulaciones utilizando el modelo WRF.

## 2) DATOS Y METODOLOGÍA

Para las simulaciones correspondientes al periodo comprendido entre el 14 y el 17 de noviembre de 2017, se utilizó el modelo WRF, forzado con datos de análisis del Global Forecast System (GFS) del NCEP, con una resolución horizontal de 0.5°. La simulación se estructuró en dos dominios anidados: un dominio externo D01 con resolución espacial de 10 km, y un dominio interno D02, de mayor resolución (3.3 km), centrado en la región del evento SAR sobre el Atlántico Sur (Figura 1).

La configuración física del modelo utilizada en las simulaciones (Skamarock y otros, 2019) se detalla en el siguiente cuadro:

| mp_physics | ra_lw     | ra_sw     | sf_sfclay | sf_surface | bl_pbl                | cu_physics                  |
|------------|-----------|-----------|-----------|------------|-----------------------|-----------------------------|
| [6] WSM6   | [4] RRTMG | [4] RRTMG | [1] MM5   | [2] Noah   | [1] Yonsei University | [1] Kain-Fritsch (solo D01) |

La estimación de SWH se basó en una formulación empírica cuadrática propuesta por Rossby

y Montgomery (1935), bajo la hipótesis de mar completamente desarrollado. Esta formulación aparece como la ecuación (202) en el trabajo original y se expresa como:

$$SWH = \frac{G}{g} U^2$$

donde  $G$  es una constante adimensional,  $g$  es la aceleración de la gravedad y  $U$  es la velocidad del viento a 10 metros de altura.

En este trabajo se adoptó un valor de  $G = 0.24$ , compatible con estudios anteriores (Holthuijsen, 2007) realizados para condiciones oceánicas similares. Esta relación supone que la energía del oleaje ha alcanzado un equilibrio con el viento local, es decir, no se incrementará salvo que aumenten la velocidad del viento o el fetch. Como referencia para la verificación de resultados, se utilizaron datos de reanálisis ERA5, una base de datos proporcionada por el ECMWF que ofrece estimaciones horarias de un amplio rango de variables atmosféricas, terrestres y oceánicas, con una resolución espacial de  $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ . Se seleccionaron las siguientes variables: presión a nivel medio del mar (mslp), componentes zonal y meridional del viento a 10 metros ( $u$  y  $v$ ) y altura significativa de olas (SWH).

El parámetro SWH en ERA5 representa la altura media del tercio más alto de las olas superficiales, considerando tanto el mar de viento generado localmente como el oleaje propagado desde otras regiones. Si bien se reconocen las limitaciones asociadas a tomar el reanálisis como "verdad observada", su alta resolución espacial y frecuencia temporal lo convierten en una fuente confiable para evaluar el desempeño del modelo WRF en la estimación del oleaje.

El análisis se enfocó específicamente en el Atlántico Sur, en la región próxima al evento SAR, con el objetivo de evaluar la capacidad de la metodología propuesta para representar condiciones de mar relevantes para operaciones de búsqueda y rescate.

### 3) RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En la Figura 2 se presentan los campos de SWH correspondientes al 15 de noviembre de 2017 a las 03 UTC, según ERA5 (panel a) y WRF D02 (panel b). Se observa que el modelo WRF es capaz de reproducir de forma razonable la ubicación general del máximo SWH al este de Tierra del Fuego y al norte de las Islas Malvinas, en concordancia con la circulación ciclónica intensa evidenciada en la Figura 3. Si bien en las figuras 2a y 2b se puede ver el máximo de SWH en una región circundante, WRF lo posiciona ligeramente desplazado hacia el noreste en comparación con ERA5.

Por otra parte, la Figura 3 muestra un campo de presión coherente con un sistema de baja presión que se profundiza en el transcurso del día.

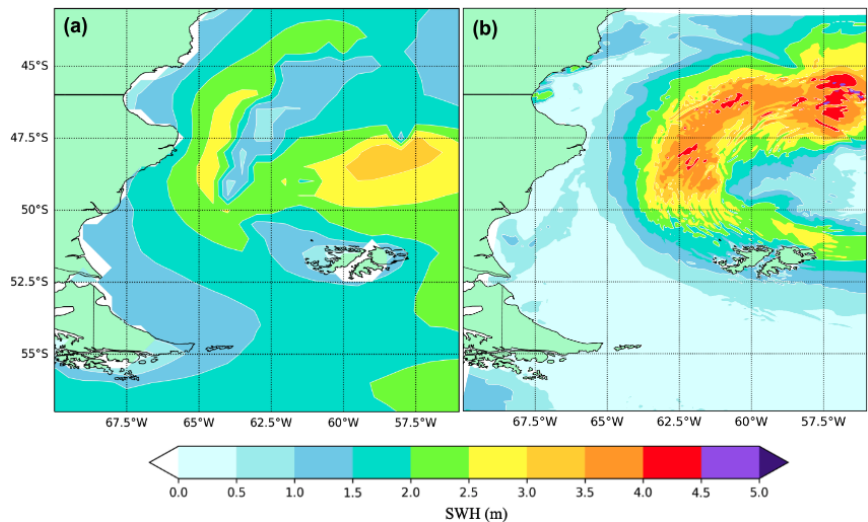
El modelo WRF (Figura 2b) presenta vientos más intensos en la región del evento, posiblemente como resultado de diferencias en la representación del forzante térmico o de los



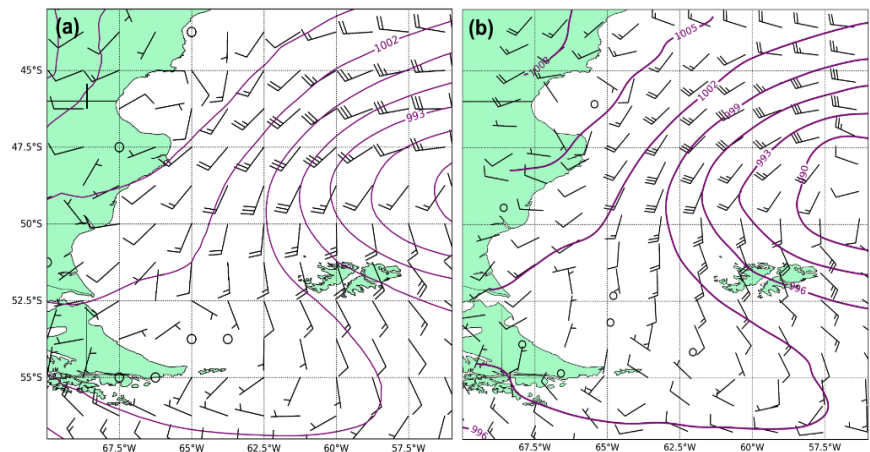
**Figura 1:** Configuración de dominios del modelo WRF.

esquemas físicos. Esta sobrestimación de viento influye directamente en una estimación mayor de los valores de SWH, con máximos que superan los 5 metros, lo que se condice con el supuesto de mar completamente desarrollado.

Si bien se observan diferencias en la magnitud y extensión de las áreas con SWH elevado, la distribución espacial general muestra una estructura más o menos similar. La simulación con WRF tiende a sobrestimar los valores máximos de SWH en comparación con ERA5. Cabe destacar que la formulación empleada para estimar SWH, aunque sencilla, resultó útil para capturar los patrones principales del oleaje asociado a este evento.



**Figura 2:** Campo SWH. 15/11/17 03 UTC. Reanálisis ERA5 (a) y WRF D02 (b).



**Figura 3:** Campo de presión a nivel del mar y viento a 10m para el 15/11/17 03 UTC. Reanálisis ERA5 (a) y WRF D02 (b).

## RECONOCIMIENTOS

Los resultados del presente estudio fueron realizados como parte de los trabajos prácticos del curso de Modelado Numérico de la Atmósfera dictado en la FCAG en 2024.

## REFERENCIAS

**Holthuijsen LH, 2007:** Waves in Oceanic and Coastal Waters. Cambridge University Press. 145-196. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511618536>

**Rossby, C. G., y Montgomery, R. B., 1935:** The layer of frictional influence in wind and ocean currents. *Papers in Physical Oceanography and Meteorology*, 3(3), 1–101.

**Skamarock W.C., Klemp, J.B., Dudhia, J. y otros, 2019:** A description of the advanced research WRF version 4. DOI: 10.5065/1dfh-6p97.