

# EVALUACIÓN DE LOS MODELOS NUMÉRICOS SOBRE EL MAR ARGENTINO A PARTIR DE INFORMACIÓN SATELITAL DE VIENTO Y OLAS EN TIEMPO CERCANO AL REAL

Matias De Oto<sup>1</sup>, Yanina G. Skabar<sup>1</sup>, Paula Etala<sup>1</sup>

[mdeoto@smn.gov.ar](mailto:mdeoto@smn.gov.ar)

<sup>1</sup>Servicio Meteorológico Nacional (SMN)

**Palabras clave:** WRF, WAVEWATCH III, viento, olas.

## INTRODUCCIÓN

El pronóstico de la evolución del estado del mar es fundamental para la planificación de actividades marítimas y costeras, siendo una competencia de los servicios meteorológicos mundiales proveer dicha información en tiempo real de viento, olas y altura del nivel del mar (OMM-N°471, 2018; OMM-N° 702, 2018). Para la provisión de esta información sobre el océano adyacente, el SMN ejecuta el modelo Weather Research and Forecasting Model (WRF) y los modelos oceánicos de olas WAVEWATCH III (WW3) y de mareas y ondas de tormenta (ODT). Todos estos, utilizan las condiciones de borde y forzamiento provistas por el Global Forecast System (GFS). Este trabajo evalúa dichos modelos en función de la gran disponibilidad de información satelital en tiempo casi real derivada de altímetros, radiómetros, reflectómetros y dispersómetros en actual actividad.

## DATOS

La intensidad del viento (wspeed), altura significativa de la ola (swh), anomalía de la altura del nivel del mar (ssha) e indicadores de calidad (flags) de las observaciones satelitales se extrajeron desde el Physical Oceanography Distributed Active Archive Center (PODAAC, <https://podaac.jpl.nasa.gov/>) (Tabla 1). En todos los casos, se descargaron la primera versión de variables geofísicas (L2) en tiempo casi real (NRT).

Sensor (Nombre/Tipo)	Satélite	Tipo de órbita	Catálogo	Res. espacial aprox. de la celda
Poseidon-3B / Altimetro RAR	Jason-3	Polar no heliosíncrona	JASON_3_L2_OST_OGDR_GPS <sup>1</sup>	7 x ~10
Poseidón-4 / Altimetro SAR	Sentinel-6	Polar no heliosíncrona	JASON_CS_S6A_L2_ALT_LR_RED_OST_NRT_F <sup>2</sup>	7 x ~10
AltiKa / Altimetro RAR	Saral	Polar heliosíncrona	ALTIKA_SARAL_L2_OST_XOGDR <sup>3</sup>	7 x ~10
DDMI / Reflectómetro	Cygnss	Tropical no heliosíncrona	CYGNSS_L2_V3.1 <sup>4</sup>	25 x 25
Ascat-B / Dispersómetro	Metop-B	Polar heliosíncrona	ASCATB-L2-Coastal <sup>5</sup>	25 x 25
Ascat-C / Dispersómetro	Metop-C	Polar heliosíncrona	ASCATC-L2-Coastal <sup>6</sup>	25 x 25

<sup>1</sup> [https://podaac.jpl.nasa.gov/dataset/JASON\\_3\\_L2\\_OST\\_OGDR\\_GPS](https://podaac.jpl.nasa.gov/dataset/JASON_3_L2_OST_OGDR_GPS)

<sup>2</sup> [https://podaac.jpl.nasa.gov/dataset/JASON\\_CS\\_S6A\\_L2\\_ALT\\_LR\\_RED\\_OST\\_NRT\\_F](https://podaac.jpl.nasa.gov/dataset/JASON_CS_S6A_L2_ALT_LR_RED_OST_NRT_F)

<sup>3</sup> [https://podaac.jpl.nasa.gov/dataset/ALTIKA\\_SARAL\\_L2\\_OST\\_XOGDR](https://podaac.jpl.nasa.gov/dataset/ALTIKA_SARAL_L2_OST_XOGDR)

<sup>4</sup> [https://podaac.jpl.nasa.gov/dataset/CYGNSS\\_L2\\_V3.1](https://podaac.jpl.nasa.gov/dataset/CYGNSS_L2_V3.1)

<sup>5</sup> <https://podaac.jpl.nasa.gov/dataset/ASCATB-L2-Coastal>

<sup>6</sup> <https://podaac.jpl.nasa.gov/dataset/ASCATC-L2-Coastal>

SMAP / Radiómetro	SMAP	Polar heliosíncrona	SMAP_JPL_L2B_SSS_CAP_V5 <sup>7</sup>	60 x 25
-------------------	------	---------------------	--------------------------------------	---------

Tabla 1. Principales características de la información satelital descargada.

Del esquema determinístico del GFS y WRF (Dillon y otros, 2020), se extrajeron las componentes de viento horizontal y se computó luego el wspeed. Esta información es de dominio público para el primero (<https://rda.ucar.edu/data/ds084.4/>) y, desde el año 2022, (<https://registry.opendata.aws/smn-ar-wrf-dataset/>) para el segundo. Por otra parte, la variable swh se extrajo del modelo de olas Austral-WW3 (Etala y otros, 2014) que presenta una resolución temporal de 1 h y una espacial de 0.5° y ejecuta un pronóstico a 4 días. Finalmente, la variable ssha se extrajo del modelo ODT (<https://www.smn.gov.ar/sites/default/files/plataforma6.pdf>). Tanto la swh como la ssha son de dominio público y pueden obtenerse en <https://www.smn.gov.ar/modelos>.

## METODOLOGÍA

La evaluación se realizó para el ciclo de 00Z con un plazo de 12 h y con una ventana de  $\pm 2$  h, es decir entre el plazo de 10 y 14 h. El ciclo y plazo utilizados se fijaron con el objetivo de maximizar el número de órbitas debido a las distintas características de las órbitas (ver Tabla 1). Mientras que la ventana se fijó con el motivo de aumentar el número de observaciones satelitales retenidas. La traza de la órbita sobre el modelo se extrajo mediante el método del nodo más cercano con una tolerancia máxima de 0.25°. Se realizó una estadística de aquellas entradas válidas e inválidas resultantes de utilizar los flags de lluvia o presencia de continente y/o hielo. Se computaron las entradas válidas y se utilizaron para computar el bias y el rmsd (ec. 1 y 2, respectivamente) en función del tiempo utilizando una ventana de 48 h, como así también el cómputo zonal del scatter index (SI, ec. 3) y las entradas válidas e inválidas en función de la latitud para cada satélite en la región oceánica comprendida entre las latitudes 70° y 20°S y las longitudes de 70° y 40°O, durante el año 2021. Se realizaron evaluaciones globales de los índices estadísticos mencionados y evaluaciones espaciales.

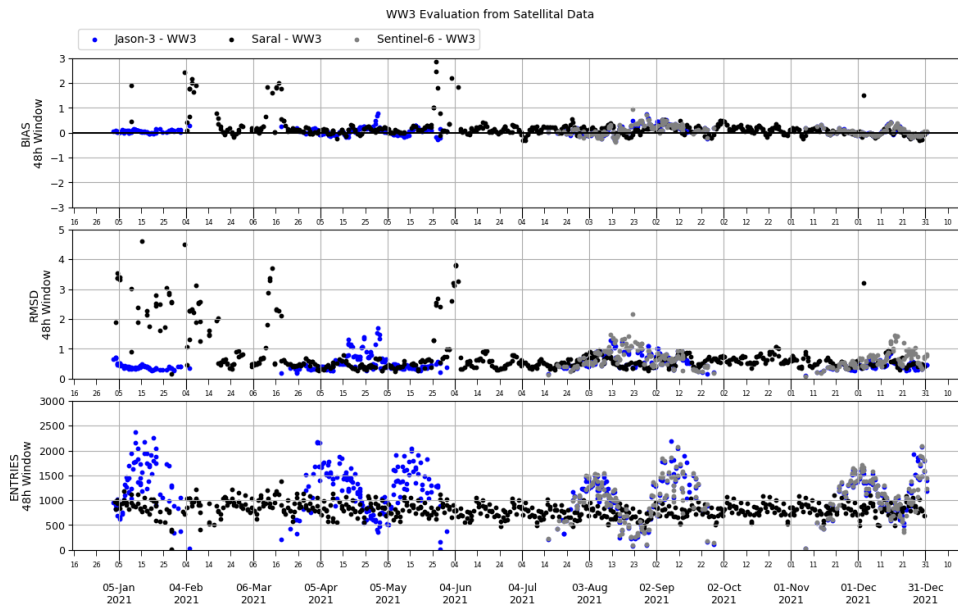
$$bias = \bar{s} - \bar{m} \text{ (ec. 1)} \quad rmsd = \sqrt{\frac{\sum (s_i - m_i)^2}{N}} \text{ (ec. 2)} \quad SI = \sqrt{\frac{\sum [(s_i - \bar{s}) - (m_i - \bar{m})]^2}{\sum s_i^2}} \text{ (ec. 3)}$$

## RESULTADOS

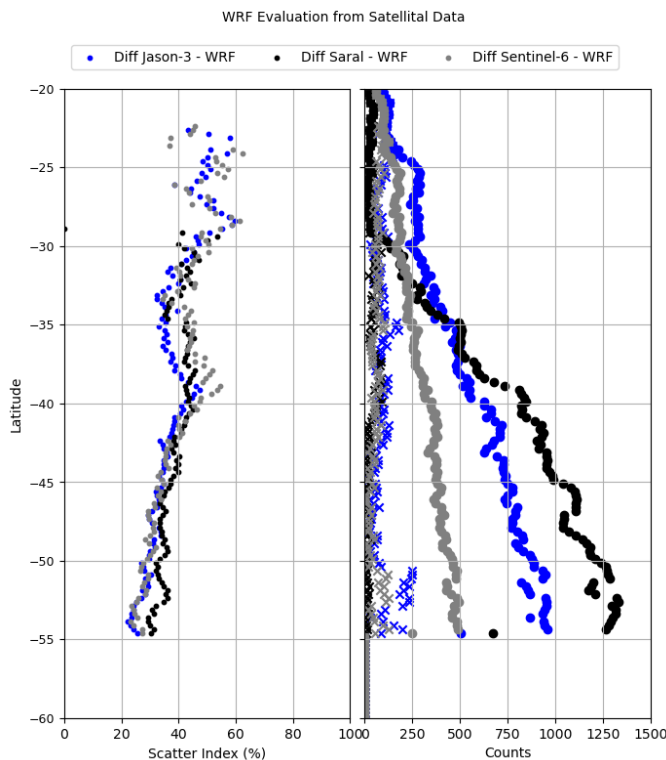
El modelo WW3 tiende a computar una menor ssh con respecto a las observaciones satelitales (Fig. 1, sup.). Nótese además que existe una diferencia en la frecuencia de observaciones según la órbita de los altímetros utilizados, siendo Saral con su órbita heliosíncrona más estable temporalmente que Jason-3 y Sentinel-6 (Fig. 1, inf.). No obstante, en estos últimos no se observa la alta variabilidad que presenta Saral (Fig. 1, medio). Téngase en cuenta que Saral opera sólo en una frecuencia de microondas que imposibilita determinar las regiones de lluvia. El desempeño del modelo WRF frente a los altímetros en cuanto a intensidad de viento (Fig. 2, izq) tiende a aumentar de forma lineal hacia el sur de 40°S, principalmente debido a que los vientos son más intensos (no se muestra). Nótese que en este cálculo se incluye el número de entradas válidas, y estas aumentan hacia el sur independientemente del altímetro (Fig. 2, der.). Al norte de 40°S, en cambio la variabilidad en el desempeño es mayor, hecho que se ve reflejado en la información satelital, puesto que el peso de las entradas inválidas (cruces) es mayor. Hacia el extremo sur las entradas inválidas aumentan por la presencia de hielo aunque esto no tiene repercusión en el desempeño del modelo. En comparación con el modelo GFS (no se muestra), el WRF tiende a presentar un menor desempeño de alrededor de un 10% mayor en el scatter index el cual es constante en latitud. De todas formas existe cruzamiento de información entre el modelo GFS

<sup>7</sup> [https://podaac.jpl.nasa.gov/dataset/SMAP\\_JPL\\_L2B\\_SSS\\_CAP\\_V5](https://podaac.jpl.nasa.gov/dataset/SMAP_JPL_L2B_SSS_CAP_V5)

y los altímetros que imposibilita una comparación estrictamente independiente. Finalmente, este trabajo tuvo múltiples propósitos, en primer lugar la realización de una primera evaluación oceánica de los modelos que ejecuta el SMN, y por otro, obtener un conocimiento más profundo de la abundante información satelital en NRT sobre el océano adyacente.



**Figura 1.** Evolución temporal con ventana de 48 h del bias (metros, panel superior), rmsd (metros, panel medio) y número de entradas válidas (panel inferior) entre el modelo WW3 y distintos altímetros -ver etiquetas-.



**Figura 2.** Comportamiento zonal del scatter index (panel izquierdo) y entradas válidas -puntos- e inválidas -cruces- (panel derecho) en función de la latitud entre el modelo WRF y los altímetros -ver etiquetas-.

**REFERENCIAS**

**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.

**Etala, P., S. Alonso, D. Souto, C. Romero y P. Echevarría:** Progreso en el modelo de pronóstico de olas hasta un mosaico global multiescala. Meteorológica (2014) Vol. 39, No. 2, 37-48.

**Organización Meteorológica**

**Mundial.** Guía de servicios meteorológicos marinos. OMM-Nº 471 (2018), Ginebra.

**Organización Meteorológica Mundial.** Guía para el análisis y pronóstico de las olas. OMM-Nº 702 (2018), Ginebra.