

# 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 García Skabar<sup>1,2,3</sup>, Paula Etala<sup>1</sup>

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

<sup>2</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas de Argentina (CONICET)

<sup>3</sup>Instituto Franco Argentino sobre Estudios del Clima y sus Impactos IRL3351-IFAECI (CNRS/IRD/UBA/CONICET)



## OBJETIVO

En este trabajo se plantean dos objetivos:

- Identificar la información satelital disponible de viento y olas en tiempo cercano al real sobre el Mar Argentino y el océano adyacente
- Utilizar la información satelital para realizar una evaluación de los pronósticos numéricos que se procesan en el SMN y brindar una comparación con otros modelos numéricos globales.

## DATOS

- Región de estudio: Mar Argentino y gran parte del Océano Atlántico adyacente. Periodo de estudio: año 2021 (con algunos gaps)
- Información satelital y pronósticos determinísticos de intensidad de viento (WS) y altura significativa de la ola (SWH). Se validó el plazo de pronóstico de 12 horas de los pronósticos inicializados a las 00Z
- Las observaciones satelitales provienen de los satélites Ascat-B y C, CYGNSS, Jason-3, Saral, Sentinel-6 y SMAP (ver Tabla I)
- Productos de nivel L2 en tiempo cercano al real (del inglés, NRT), con excepción de CYGNSS en tiempo crítico breve (del inglés, STC)
- Los pronósticos de WS se extrajeron del WRF-SMN (Dillon y otros, 2020) y de los modelos globales GFS y ECMWF ejecutados por NCEP y ECMWF, respectivamente (ver Tabla I)
- Los pronósticos de SWH se extrajeron del Austral-WW3 (Etala y otros, 2014) y los modelos globales GFS-WW3 y ECMWF-WAM.

## METODOLOGÍA

- Medición satelital instantánea
- Redondeo a hora más próxima
- Elección del plazo de pronóstico a verificar
- Se toma ventana de verificación de  $\pm 2$  h
- Match-ups: par pronóstico-satélite
- Interpolación a la traza satelital: método del nodo más cercano

- Flags de presencia continental, de hielo y de lluvia
- Dependiendo el caso, se generan nuevos flags (i.e. Saral)
- Cómputo de estadísticos:

$$Bias = \bar{s} - \bar{o}$$

$$RMSD = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N [(s_n - \bar{s}) - (o_n - \bar{o})]^2}$$

$$NRMSE = \frac{1}{\max(o) - \min(o)} \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N (s_n - o_n)^2}$$

$$Scatter Index = \frac{RMSD}{\bar{o}}$$

en donde  $s_n$  es la variable del pronóstico y  $o_n$  la observación satelital con  $\bar{s}$  y  $\bar{o}$  sus respectivas medias

Sensor (Nombre/Tipo)	Satélite	Tipo de órbita	Catálogo	Variable	Res. espacial aprox. de la celda (km <sup>2</sup> )
Poseidon-3B / Altimetro RAR	Jason-3	Polar no heliosincrona	JASON_3_L2_OST_OGDR_GPS	WS, SWH	7 x ~10
Poseidon-4 / Altimetro SAR	Sentinel-6	Polar no heliosincrona	JASON_CS_S6A_L2_ALT_LR_RED_OST_NRT_F	WS, SWH	7 x ~10
AltiKa / Altimetro RAR	Saral	Polar heliosincrona	ALTIKA_SARAL_L2_OST_XOGDR	WS, SWH	7 x ~10
DDMI / Reflectómetro	Cygnss	Tropical no heliosincrona	CYGNSS_L2_V3.1	WS	25 x 25
Ascat-B / Dispersómetro	Metop-B	Polar heliosincrona	ASCATB-L2-Coastal	WS	25 x 25
Ascat-C / Dispersómetro	Metop-C	Polar heliosincrona	ASCATC-L2-Coastal	WS	25 x 25
SMAP / Radiómetro	SMAP	Polar heliosincrona	SMAP_IPL_L2B_SSS_CAP_V5	WS	60 x 25

Fuente: Physical Oceanography Distributed Active Archive Center (PODAAC, <https://podaac.jpl.nasa.gov/>)

Variable	Modelo Numérico	Resolución espacial
Intensidad de viento	WRF	Reticula Regular 4 km
Altura significativa de la ola	Austral-WW3	Reticula Regular 0.2°
Intensidad de viento, Altura significativa de la ola	GFS-WW3 (GSOUTH)	Reticula Regular 0.25°
Intensidad de viento, Altura significativa de la ola	ECMWF-WAM	Gauss ~0.08° - Reducida 0.125°

Fuentes: GFS: <https://rda.ucar.edu/data/ds084.4/>; <https://noaa-gfs-bdp-pds.s3.amazonaws.com/index.html>  
ECMWF: <https://www.ecmwf.int/en/forecasts/dataset/operational-archive>

## RESULTADOS

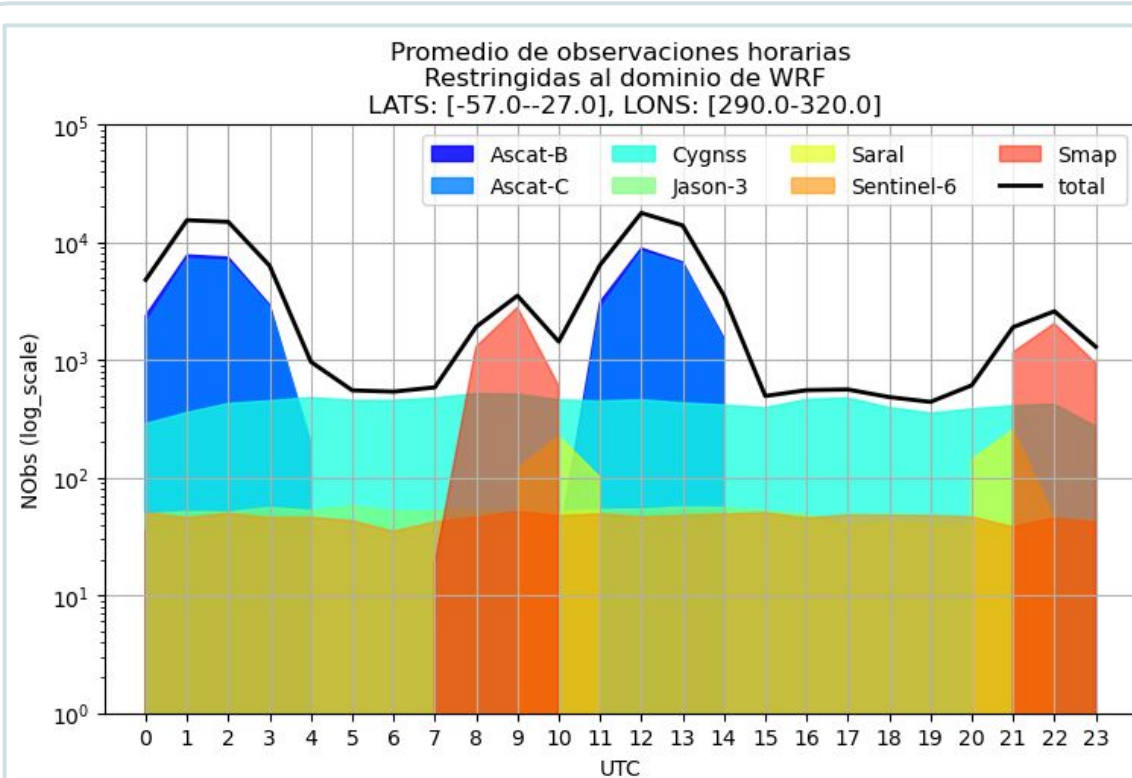


Fig. 1. Promedio de observaciones diarias en función de la hora del día (UTC) para los distintos satélites utilizados.

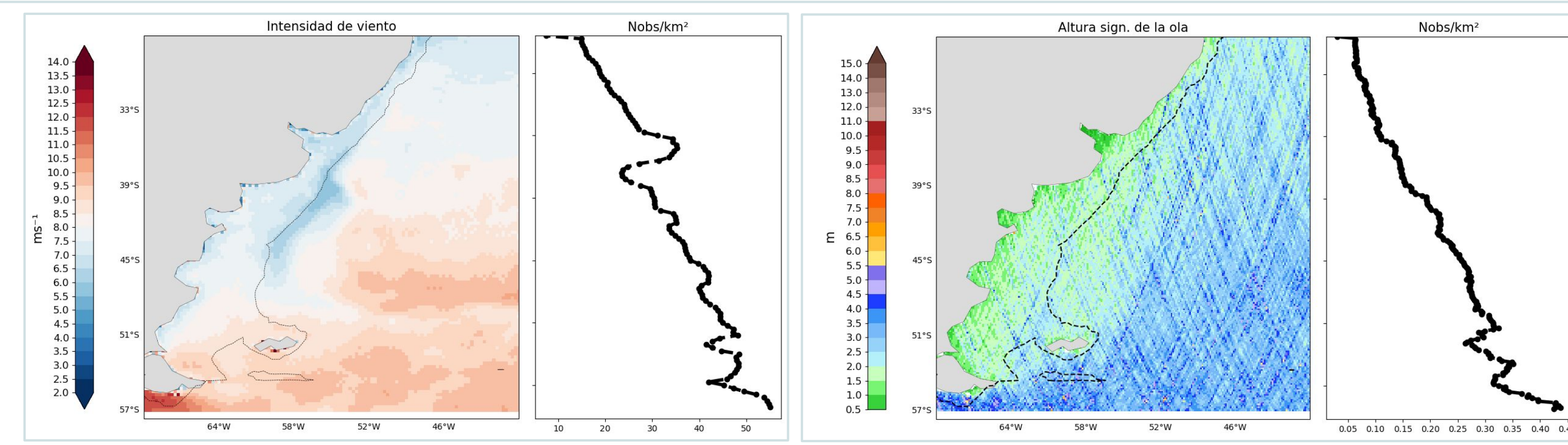


Fig. 2. Izq: Intensidad de viento ( $ms^{-1}$ ) satelital promediado en bins de  $0.25^\circ \times 0.25^\circ$  y promedio zonal del número observaciones válidas (Nobs) dividido el área ( $km^2$ ). Der: Idem para altura significativa de la ola (m), pero en bins de  $0.125^\circ \times 0.125^\circ$ .

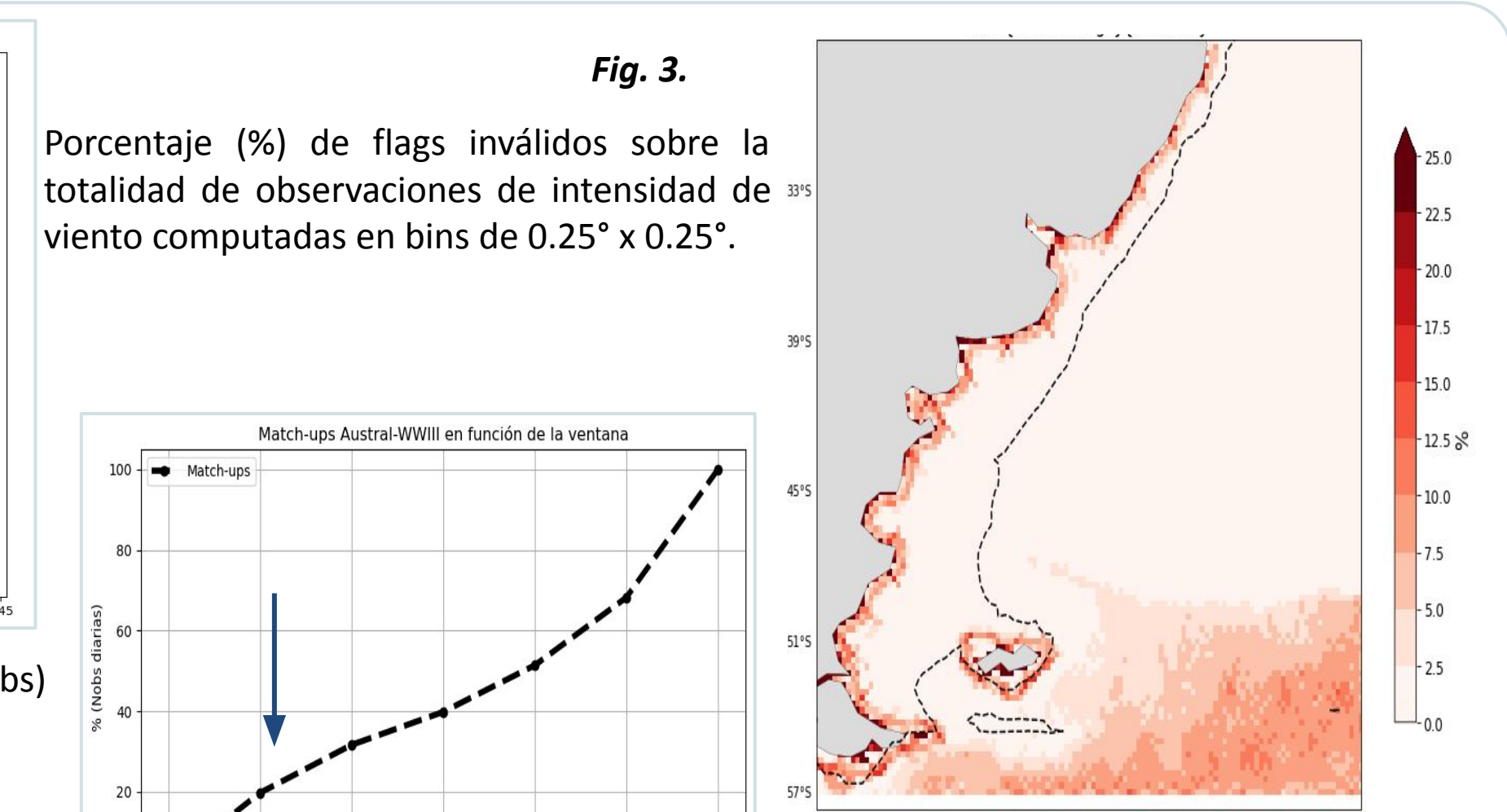


Fig. 3. Porcentaje (%) de flags inválidos sobre la totalidad de observaciones de intensidad de viento computadas en bins de  $0.25^\circ \times 0.25^\circ$ .

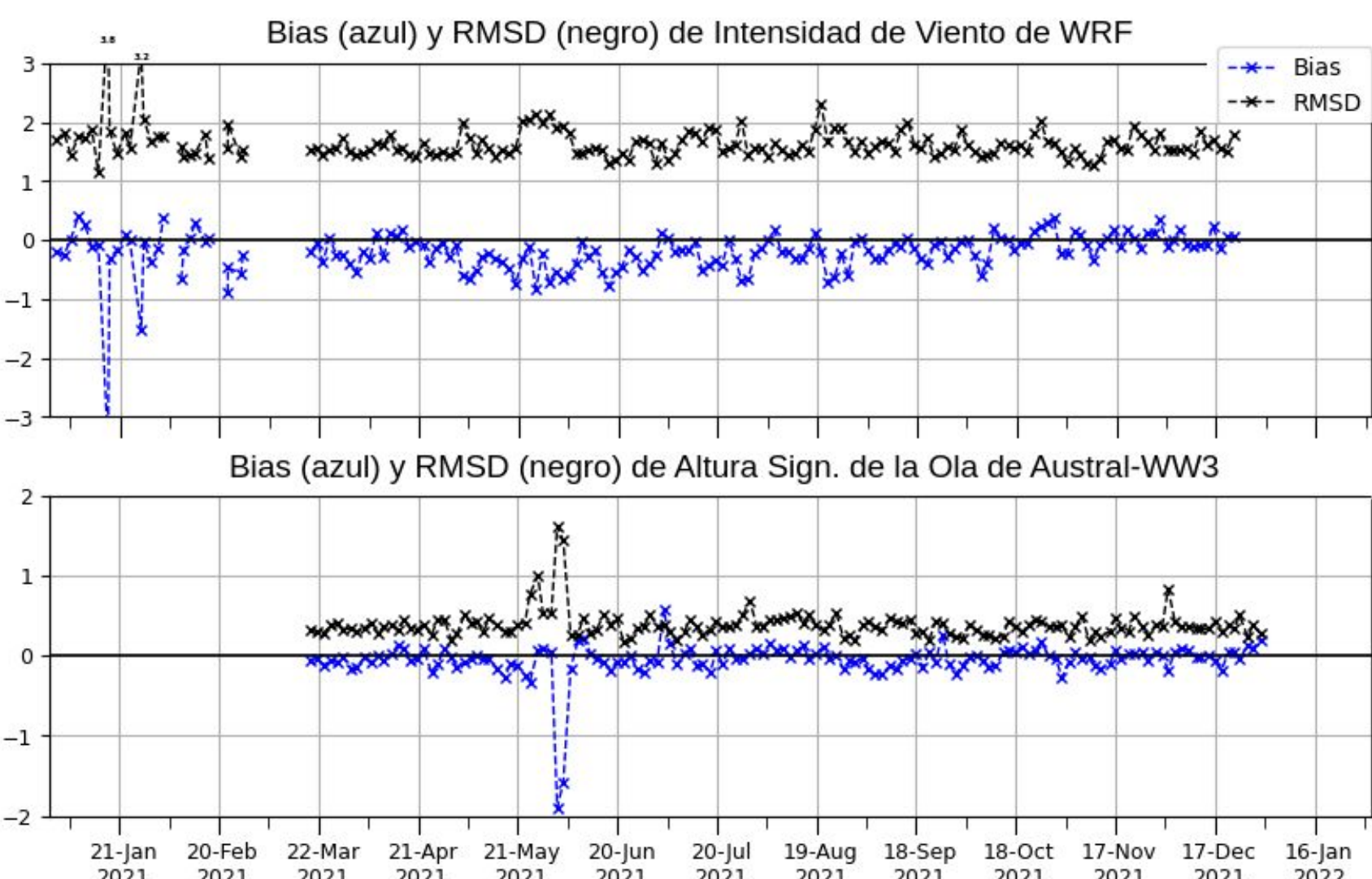


Fig. 5. Evolución temporal -promedio móvil 48 hs- del Bias y RMSD para WRF (Sup.) y Austral-WWIII (Inf.). Nota: misma escala para Bias y RMSD.

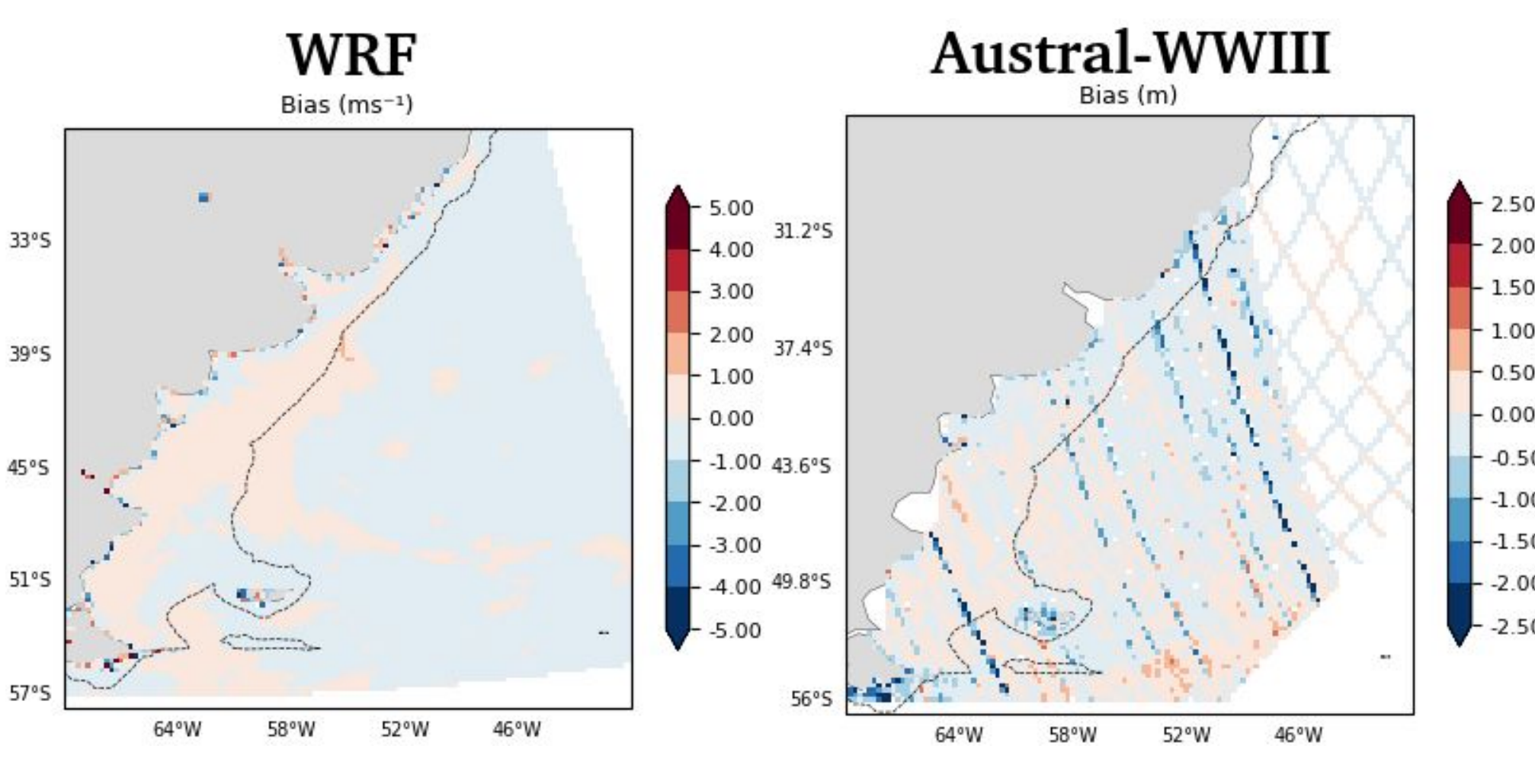


Fig. 6. Bias espaciales para WRF (Izq.) y Austral-WWIII (Der.).

Fig. 4. Cociente (%) entre los match-ups y la totalidad de observaciones satelitales diarias en función de la ventana de verificación alrededor del plazo de 12 hs para Austral-WWIII. Nota: la flecha indica ventana de  $\pm 2$  h

	Bias	RMSD	NRMSE	SI	Nobs	Inv. flags
WRF	$-0.18 ms^{-1}$	$1.65 ms^{-1}$	6.13 %	-	$1.2e^7$	0.56 %
GFS	$0.08 ms^{-1}$	$1.62 ms^{-1}$	6.00 %	-	$1.5e^7$	0.51 %
ECMWF	$-0.12 ms^{-1}$	$1.39 ms^{-1}$	5.17 %	-	$1.5e^7$	0.52 %
WW3	$-0.06 m$	$0.49 m$	-	19.59 %	$1.7e^5$	0.78 %
GFS-WW3	$-0.14 m$	$0.44 m$	-	17.36 %	$1.8e^5$	0.56 %
ECMWF-WAM	$-0.07 m$	$0.5 m$	-	19.67 %	$2.2e^5$	3.95 %

Tabla II. Comparación de estadísticos entre los distintos modelos numéricos.

## CONCLUSIONES

Hay una mayor abundancia de observaciones provenientes de sensores de banda que de nadir (Fig. 1). Además, existe un condicionamiento horario para realizar verificaciones/comparaciones. La ventana de verificación de  $\pm 2$  h resulta en un análisis más robusto, aumentando los match-ups un 20% (Fig. 4).

El bias de intensidad de viento (Fig. 6-Izq.) es positivo (mod>sat) sobre la Plataforma y la Confluencia Brasil-Malvinas, y negativo, muy próximo a la costa y hacia el océano abierto. La altura significativa de la ola (Fig. 6-Der.) presenta un patrón más difuso, con valores positivos al NE de P. Drake y la Plataforma Patagónica; en el resto de la región predominan valores negativos y muy negativos al sur de T. del Fuego y litoral bonaerense. El desempeño espacial en la variabilidad temporal de intensidad de viento y altura significativa de la ola (no se muestra) disminuye hacia la costa. Considerando la variabilidad temporal, ECMWF presenta mejor correspondencia con con la intensidad de viento satelital, como así GFS-WW3 con la altura significativa de la ola (Tabla II).

Todavía no hay una explicación en la región, sobre cuál es el motivo de los cambios temporales abruptos en los estadísticos (Fig. 5). El número de flags inválidos aumenta hacia la costa (Fig. 3), no obstante poco se sabe realmente si las observaciones satelitales son las causantes del marcado deterioro de los estadísticos en dicha región. Finalmente, se debe considerar los beneficios que pueden obtenerse a partir del notable aumento del número de observaciones satelitales en el sur de la región (Fig. 2).

## TRABAJO A FUTURO

- ¿Cuán confiable es la observación costera (flags inválidos)?
- En la evolución temporal (regional) de los estadísticos ¿A que se deben los cambios abruptos en el desempeño? ¿Estaremos ante la presencia de casos extremos?
- Incorporar mayor información satelital
- Comenzar a explorar la altura del nivel del mar (ssha) en NRT.

## AGRADECIMIENTOS

Gracias al SHN por proveer información del modelo de olas Austral-WW3, también al repositorio activo PODAAC por proveer los datos satelitales y al ECMWF que habilitó de forma no arancelada la información del modelo IFS.