

VALIDACION DE PRONOSTICO DE TEMPERATURA Y PRECIPITACION DEL MODELO WRF EN EL CENTRO-ESTE DE ARGENTINA

Laura Paola Carrillo¹, Lucas Zapata¹, Guillermo Berri^{1,2}
lparrillo@fcaglp.unlp.edu.ar

¹ Grupo de Modelado Numérico de la Atmósfera
Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas - Universidad Nacional de La Plata
² Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas

Palabras clave: pronóstico operativo, verificación, métricas estadísticas

1) INTRODUCCION

El pronóstico meteorológico constituye un pilar clave en la gestión de actividades como la agricultura, el transporte, la planificación urbana y la respuesta ante emergencias. Su efectividad está estrechamente ligada al desempeño de los modelos numéricos, que deben captar con precisión los procesos atmosféricos en diversas escalas temporales y espaciales para brindar información confiable y útil para la toma de decisiones.

El modelo WRF (Weather Research and Forecasting) es ampliamente utilizado para la simulación de eventos meteorológicos y la generación de pronósticos operativos. Sin embargo, su desempeño puede variar considerablemente en función de la resolución espacial, la configuración física utilizada y la región de aplicación.

Este trabajo tiene como objetivo evaluar la precisión del modelo WRF en el pronóstico de temperatura mínima, temperatura máxima y precipitación diaria en el centro-este de Argentina, mediante la comparación con observaciones de estaciones meteorológicas de Argentina y Uruguay. Se analizan simulaciones realizadas con resoluciones de 3 km y 10 km, con el fin de identificar fortalezas, limitaciones y posibles mejoras en su implementación operativa.

2) METODOLOGIA

Las simulaciones del modelo (WRF) fueron realizadas por el grupo de Modelado Numérico de la Atmósfera (MNA) de la FCAG (UNLP), en el marco de sus pronósticos operativos diarios. El período de estudio abarca desde julio de 2024 hasta abril de 2025.

Las simulaciones se llevaron a cabo utilizando la versión 4.2 del modelo WRF, configurado para generar pronósticos con 72 horas de anticipación, que se inicializó con GFS de 0 UTC. Se consideraron dos dominios con resoluciones espaciales distintas: uno de 10 km de resolución para la simulación regional y otro de 3 km para representar con mayor detalle la zona de interés específica.

Para la validación se utilizaron datos diarios de temperatura mínima, temperatura máxima y precipitación acumulada en 24 horas de 39 estaciones meteorológicas distribuidas en distintas provincias del centro-este de Argentina y en el sudoeste de Uruguay, obtenidos de la página Ogimet (<https://www.ogimet.com>).

Para la temperatura se empleó el sesgo (Bias) y error absoluto medio (MAE) (Wilks, 2006):

$$Bias = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (f_i - o_i); \quad MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |f_i - o_i|$$

Para evaluar el desempeño del modelo en el pronóstico de precipitación, se construyó una matriz de contingencia 2×2 que clasifica los días según la ocurrencia o no ocurrencia de precipitación acumulada en 24 horas y el pronóstico o no de precipitación acumulada en 24 horas (Figura 1).

A partir de esta matriz, se calculó el índice Heidke Skill Score (HSS, Wilks, 2006), un indicador que permite cuantificar la habilidad del pronóstico al comparar la proporción de resultados correctos que brinda el modelo respecto de los aciertos que se lograrían mediante un pronóstico realizado en forma aleatoria.

		Observación	
		si	no
Pronóstico	si	a	b
	no	c	d

Figura 1: Matriz de acierto del pronóstico de ocurrencia de precipitación

$$HSS = \frac{2(ad-bc)}{(a+c)(c+d)+(a+b)(b+d)}$$

El valor óptimo del HSS es 1, lo que representa un pronóstico perfecto. Valores positivos indican que los resultados del modelo superan el resultado al azar, mientras que valores negativos muestran un desempeño inferior al azar, con más errores que aciertos.

Las métricas se calcularon para distintos horizontes de pronóstico: 24 horas para las variables de temperatura, y 36 y 60 horas para precipitación.

Este enfoque permitió realizar una evaluación integral del modelo, analizando su comportamiento en distintos plazos de pronóstico y comparando el desempeño entre las dos resoluciones espaciales utilizadas.

3) RESULTADOS

a. Precipitación

El índice HSS muestra que el modelo tiene capacidad para predecir eventos de precipitación diaria con resultados positivos, que en solo una estación alcanzan a 0.5 (Figura 2a y 2b). En el dominio de 10 km, los pronósticos a 36 h muestran un desempeño algo mejor que los de 60 h, con valores de HSS levemente superiores a 0.4 en algunas estaciones del centro-este de Buenos Aires y sur de Entre Ríos.

En el dominio de 3 km (Figura 2c y 2d), los valores de HSS son comparables a los del dominio de menor resolución, sin una mejora

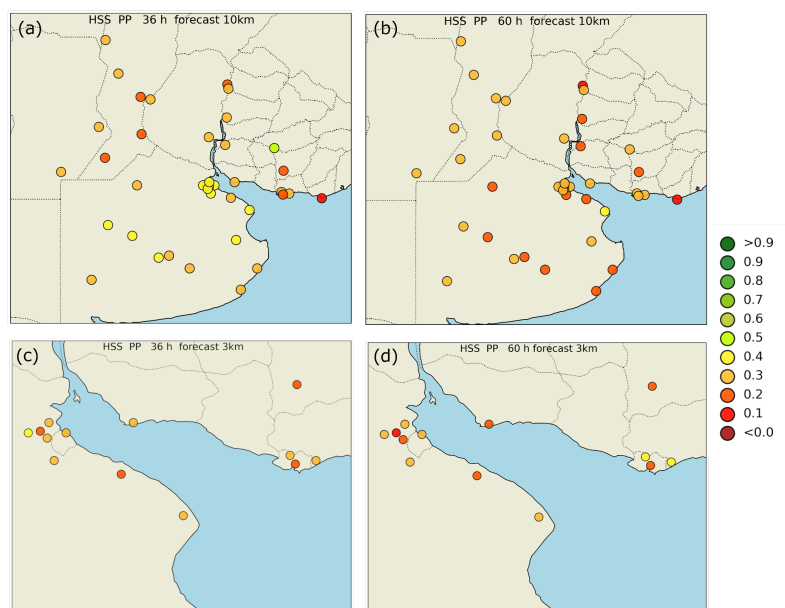


Figura 2: HSS del pronóstico de ocurrencia de precipitación diaria a 36 horas en el dominio de 10 km (a) y 3 km (c), y a 60 horas en el dominio de 10 km (b) y 3 km (d)

clara en la detección de eventos. La mayor resolución no se traduce directamente en un aumento de la habilidad predictiva para la precipitación.

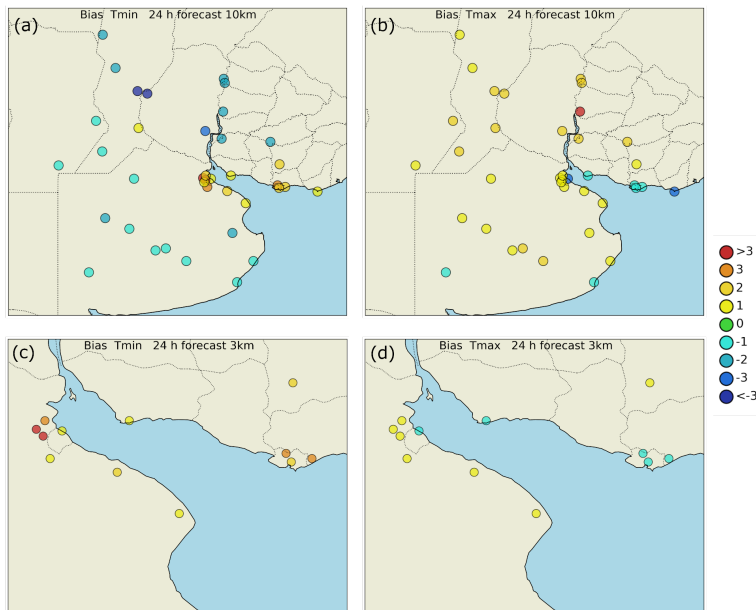


Figura 3: Bias del pronóstico a 24 horas de temperatura mínima (°C) en el dominio de 10 km (a) y 3 km (c), y de temperatura máxima (°C) en el dominio de 10 km (b) y 3 km (d)

b. Temperatura

Si observamos la Figura 3 en los pronósticos de 24 h, el sesgo en la temperatura mínima muestra una ligera subestimación generalizada en el dominio de 10 km (Figura 3a), excepto en el norte de Buenos Aires y sur de Uruguay donde observamos una sobrestimación. Para la temperatura máxima (Figura 3b), aparecen algunos sesgos positivos. En cambio, el dominio de 3 km muestra un mejor ajuste, con una distribución especial de los errores más homogénea, con un sesgo en T_{max} (Figura 3d) menor que en T_{min} (Figura 3c), positivo en ambos casos.

En la Figura 4, el MAE tiene valores por debajo de 2.5 °C en la mayoría de las estaciones tanto para T_{min} (Figura 4a y 4c) como T_{max} (Figura 4b y 4d). El modelo en 3 km reduce notablemente los errores respecto a la resolución de 10 km, especialmente para T_{max} (Figura 4b).

Los resultados generales indican que el modelo WRF tiene un desempeño aceptable, con buena representación de las temperaturas extremas y una habilidad razonable para predecir la precipitación. La resolución de 3 km mejora la precisión en temperatura, pero no en precipitación, posiblemente por limitaciones en la parametrización de la convección. Estos resultados pueden guiar ajustes futuros en la configuración operativa del modelo.

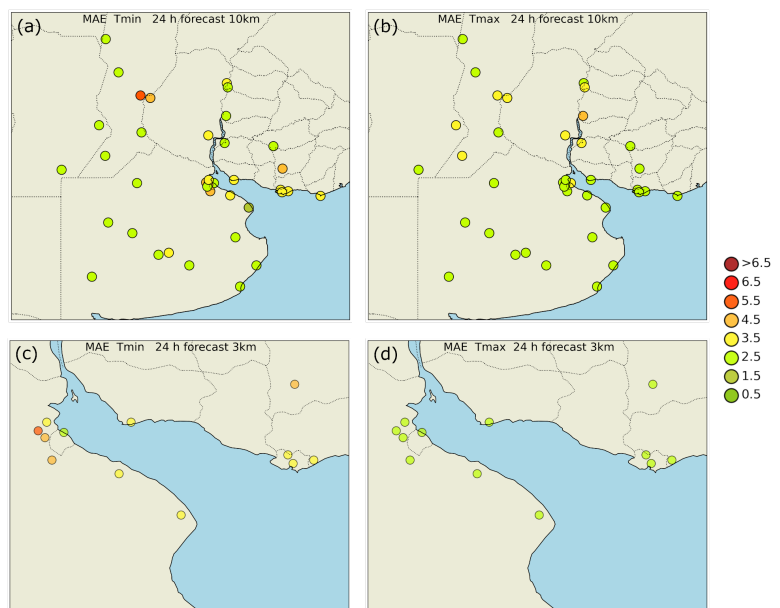


Figura 4: MAE del pronóstico a 24 horas de temperatura mínima (°C) en el dominio de 10 km (a) y 3 km (c), y de temperatura máxima (°C) en el dominio de 10 km (b) y 3 km (d)

REFERENCIAS

- Wilks, D. S. (2006):** Statistical Methods in the Atmospheric Sciences. Second Edition. Academic Press.
- Skamarock W.C., Klemp, J.B., Dudhia, J. y otros, 2019:** A description of the advanced research WRF version 4. NCAR/TN-556+STR TECHNICAL NOTE. DOI: 10.5065/1dfh-6p97.