

APLICACIÓN DE INTELIGENCIA ARTIFICIAL AL PRONÓSTICO DEL TIEMPO: SIMULACIÓN Y VALIDACIÓN DE TEMPERATURA DURANTE 2023 EN EL CENTRO-ESTE DE ARGENTINA

Lucas Zapata

lezapata@fcaglp.unlp.edu.ar

Grupo de Modelado Numérico de la Atmósfera
Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas - Universidad Nacional de La Plata

Palabras clave: IA, Pangu-Weather, WRF.

1) INTRODUCCIÓN

El pronóstico del tiempo es una herramienta esencial para la toma de decisiones en numerosos sectores productivos y sociales. Tradicionalmente, estos pronósticos se han basado en modelos numéricos de predicción del tiempo, que utilizan ecuaciones complejas y requieren una considerable capacidad de cómputo. En los últimos años, los avances en inteligencia artificial, han impulsado el desarrollo de nuevos modelos capaces de generar pronósticos aceptables con un costo computacional significativamente menor.

En este contexto, el presente trabajo evalúa el desempeño de Pangu-Weather (Bi, 2023) un modelo de pronóstico global basado en algoritmos de inteligencia artificial desarrollado por Huawei. El objetivo del presente trabajo fue simular y validar un año completo de pronósticos de temperatura de superficie. Para ello, se compararon los pronósticos generados por Pangu-Weather con observaciones de estaciones meteorológicas del Servicio Meteorológico Nacional (SMN) y con los pronósticos obtenidos mediante el modelo WRF, evaluando su desempeño mediante métricas estadísticas.

2) METODOLOGÍA

Pangu-Weather es un modelo global de pronóstico del tiempo basado en inteligencia artificial que emplea redes neuronales profundas con una arquitectura tipo transformer tridimensional. Esta arquitectura está diseñada específicamente para el procesamiento eficiente de grandes volúmenes de datos atmosféricos, permitiendo la generación de predicciones con alta eficiencia computacional. El modelo fue entrenado utilizando 43 años de datos del reanálisis ERA5 (Bi, 2022) del Centro Europeo de Previsiones Meteorológicas a Medio Plazo (ECMWF), y opera con una resolución espacial de $0,25^\circ \times 0,25^\circ$.

Para el presente estudio, Pangu-Weather fue instalado en los servidores del Grupo de Modelado Numérico de la Atmósfera (MNA) de la FCAG. Allí, se llevó a cabo la simulación de un año completo (2023) de pronósticos. La simulación se configuró para generar salidas cada 6 horas, con una anticipación de 48 horas, emulando las condiciones operativas de un entorno de pronóstico real mediante la ejecución diaria de las predicciones.

La variable de interés seleccionada para este estudio fue la temperatura a 2 metros, debido a su relevancia en el monitoreo de las condiciones meteorológicas a nivel regional. La validación del desempeño de Pangu-Weather se realizó mediante la comparación de sus pronósticos con datos de observaciones obtenidos de 28 estaciones meteorológicas pertenecientes al SMN y ubicadas en la región centro-este de Argentina (Figura 1).

Adicionalmente, para evaluar el rendimiento de Pangu-Weather en relación con un modelo

numérico convencional, se realizó una comparación con WRF-ARWv4.2 (Skamarock y otros 2019) que resulta ampliamente utilizado para pronósticos locales y regionales, configurado con una resolución horizontal de 10 km. Las condiciones iniciales y de borde para las simulaciones de WRF fueron tomadas a partir de los pronósticos generados por el modelo Global Forecast System (GFS) con resolución de 0.5° cada 3 horas.

Los resultados generados fueron comparados directamente con los obtenidos por Pangu-Weather en la misma región y período. Se utilizaron diversas métricas estadísticas (Wilks, 2006) para evaluar el desempeño de ambos modelos, incluyendo: Error Absoluto Medio (MAE), Raíz del Error Cuadrático Medio (RMSE), entre otras.

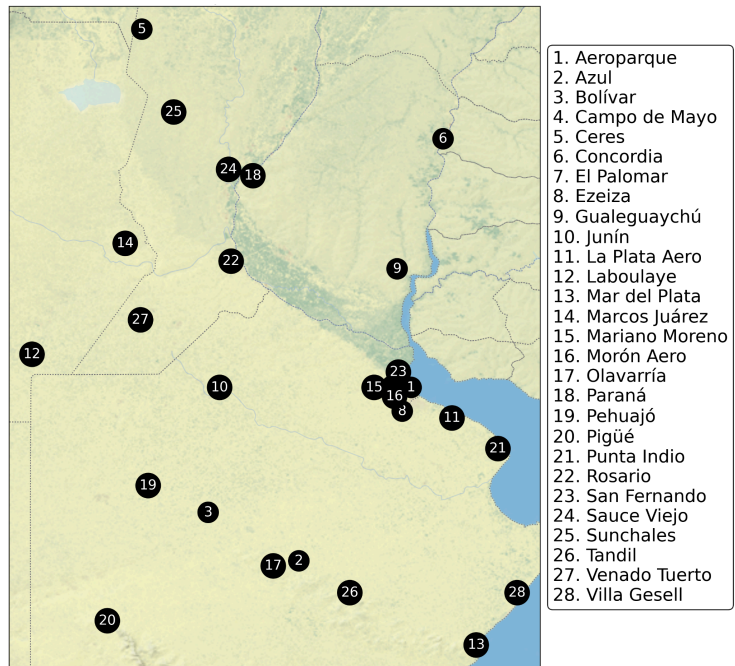


Figura 1: Mapa de estaciones meteorológicas consideradas.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |f_i - o_i|$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (f_i - o_i)^2}$$

3) RESULTADOS Y CONCLUSIONES

A continuación, se presentan los resultados del análisis de errores de temperatura para ambos modelos. En la Figura 2 se comparan el MAE y el RMSE en los pronósticos de temperatura a 2 metros cada 6 horas, para cada una de las estaciones consideradas. Se muestran los errores correspondientes a los pronósticos a 24 y 48 horas, permitiendo evaluar no sólo la precisión de cada modelo, sino también cómo evoluciona su desempeño con el horizonte temporal del pronóstico. Los resultados muestran que el modelo de inteligencia artificial Pangu-Weather (IA) presentó un mejor desempeño que el modelo WRF en la predicción de temperatura a 2 metros, tanto a 24 y como a 48 horas.

En el pronóstico a 24 horas (Figura 2 a y b), el modelo IA mostró errores menores (MAE y RMSE) en la mayoría de las estaciones, con diferencias destacadas en lugares como Sauce Viejo, Gualeguaychú y Bolívar. A 48 horas (Figura 2 c y d), ambos modelos muestran errores mayores, sin embargo, el modelo IA mantuvo un rendimiento más estable.

En la Figura 2 podemos observar que los errores del modelo IA son más homogéneos y generalmente menores, mientras que WRF presenta mayores errores, especialmente en zonas del litoral y el norte de Buenos Aires. En zonas más alejadas de la costa, los errores de ambos modelos resultan menos dispares.

Si bien aún existen desafíos en cuanto a la interpretabilidad física de los modelos de IA y su integración con sistemas atmosféricos complejos, los resultados obtenidos sugieren una capacidad que merece ser explorada en más detalle. En este marco, las estrategias híbridas que combinen IA con modelos numéricos tradicionales se perfilan como una vía prometedora

para mejorar la calidad del pronóstico del tiempo.

En conclusión, el modelo basado en IA demostró capacidad para pronosticar la temperatura con razonable exactitud y de manera eficiente, con resultados comparables y en algunos casos superiores a los del modelo WRF.

Gracias a su bajo costo computacional y buen desempeño, sugiere ser una herramienta útil para complementar sistemas de pronóstico existentes.

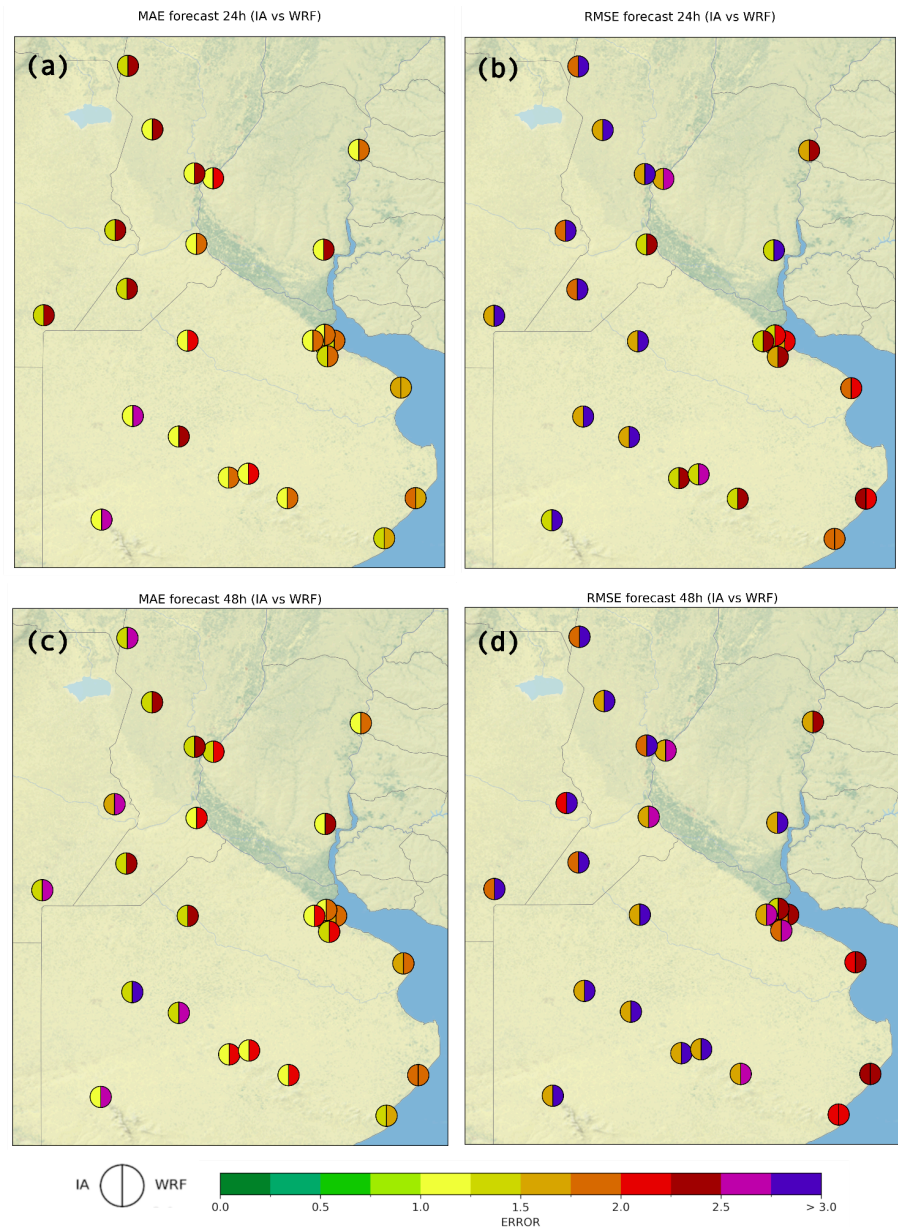


Figura 2: Comparación de MAE y RMSE en el pronóstico de temperatura a 2m, cada 6 h, para pronósticos a 24 h (a y b) y 48 h (c y d).

REFERENCIAS

Bi K., Xie L., Zhang H. y otros, 2022: Pangu-Weather: A 3D High-Resolution System for Fast and Accurate Global Weather Forecast. TECHNICAL REPORT. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2211.02556>.

Bi K., Xie L., Zhang H. y otros, 2023: Accurate medium-range global weather forecasting with 3D neural networks. *Nature* 619, 533–538. <https://doi.org/10.1038/s41586-023-06185-3>.

D.S. Wilks, 2006: Statistical Methods in the Atmospheric Sciences. Second Edition. INTERNATIONAL GEOPHYSICS SERIES.

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.