

SISTEMA DE PRONÓSTICO NUMÉRICO DEL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL

Cynthia Matsudo¹, Yanina García Skabar^{1,3}, Silvina Righetti^{1,2}, Federico Cutraro¹, Maximilano Sacco¹, María Eugenia Dillon³, Milagros Alvarez Imaz¹, Paula Maldonado¹, Alejandra Salles¹

matsudo@smn.gov.ar

¹Servicio Meteorológico Nacional (SMN)

²Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (FCEyN, UBA)

³Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

Palabras clave: Pronósticos determinísticos, pronósticos por ensamble, modelo WRF.

1) INTRODUCCIÓN

Los pronósticos numéricos son mundialmente utilizados desde hace años para pronosticar eventos meteorológicos de gran impacto para la población como precipitación intensa, vientos fuertes, etc. Una mayor resolución espacial permite representar con más realismo la dinámica de la atmósfera en la escala sinóptica como en escalas menores como la mesoescala y, en consecuencia, anticipar con mayor precisión los fenómenos de alto impacto relacionados con los procesos de la convección húmeda profunda.

El Servicio Meteorológico Nacional (SMN), en los últimos años, ha contado con distintos sistemas de pronóstico numérico regionales. La participación del SMN en la campaña de medición Chuva Santa María en 2012 en Brasil (<http://chuvaproject.cptec.inpe.br>) promovió la implementación experimental de un sistema de pronóstico basado en el modelo Weather Research and Forecasting (WRF) con una resolución horizontal de 4 km en un dominio que abarcaba el centro y noreste de Argentina. Dados los resultados satisfactorios en su desempeño (Matsudo y otros, 2015) se decidió mantener este sistema operativo hasta diciembre de 2016. Luego, en 2017 se extendió el dominio de modo que abarque todo el país (García Skabar y otros, 2018) y a finales de 2019, con la adquisición de un sistema de cómputo de alta performance (HPC de sus siglas en inglés), se aumentó la resolución vertical y se extendió el plazo de pronóstico de 48 a 72 horas. Se realizaron diversas pruebas de configuración, las cuales fueron evaluadas de acuerdo a los recursos y métodos de optimización (más información en Dillon y otros, 2020). La campaña de medición RELÁMPAGO a fines de 2018 permitió la evaluación de un sistema de asimilación de datos regional basado en un sistema de pronóstico por ensamble multifísico (Dillon y otros, 2018 y 2021). Con este desarrollo, en donde se combinaron métodos de perturbación de CIs/CBs y los procesos convectivos fueron parametrizados, se pudieron apreciar las ventajas de la representación de la incertidumbre en el pronóstico de precipitación a corto plazo. Dado este antecedente, y junto con la disponibilidad del HPC, se avanzó en el desarrollo e implementación operativa de un pronóstico por ensamble de 20 miembros con 4km de resolución horizontal con pronósticos a 48 horas (Dillon y otros, 2020).

El objetivo de este trabajo es describir las características del sistema de pronóstico operativo en alta resolución en el SMN, el esquema determinístico y probabilístico, presentar resultados del desempeño del sistema mediante algunos estadísticos de verificación adecuados y mostrar los ejes que se están desarrollando en la actualidad para futuras implementaciones.

2) METODOLOGÍA

Los esquemas determinístico y probabilístico utilizan el modelo WRF con núcleo dinámico Advanced Research WRF (ARW) versión 4.0 desarrollado por National Center for

Atmospheric Research (NCAR de sus siglas en inglés, Skamarock y otros, 2019). El WRF es un modelo de mesoescala de última generación compresible, no hidrostático que permite un



Figura 1: dominio WRF con proyección Conforme de Lambert.

paso de tiempo de integración variable para resolver la microfísica de forma explícita. El dominio abarca todo Argentina con una proyección Conforme de Lambert (1000x1250 puntos, Figura 1), la resolución horizontal es de 4 km, con 45 niveles verticales (tope 10hPa). Se ejecutan 4 inicializaciones al día a las 00, 06, 12 y 18 UTC y las salidas que se obtienen son horarias hasta un plazo de 72 horas. Las condiciones iniciales y de borde (CIs/CBs) provienen de los análisis y pronósticos del Global Forecasting System (GFS) producido por el National Center of Environmental Prediction (NCEP de sus siglas en inglés). El esquema probabilístico consiste en un ensamble de 20 miembros definidos por la combinación de 3 parametrizaciones de capas límites (Mellor-Yamada-Janjic, MYJ; Universidad de

Yonsei, YSU; Shin Hong, SH) y dos parametrizaciones de la microfísica de 1 momento (WSM6 y LIN) (ver Tabla I). El esquema determinístico utiliza las mismas parametrizaciones que el miembro 001. Las CIs/CBs provienen de los análisis y pronósticos de GFS de resolución 0.25°, perturbados con los miembros del ensamble de GFS de resolución 0.5°, por lo que cada miembro tiene CIs/CBs distintas.

Combinación configuración de los miembros del ensamble					
Microfísica	Nro de miembro- capa límite				
WSM6	001-MYJ	002-MYJ	003-MYJ	004-SH	005-SH
	006-SH	007-YSU	008-YSU	009-YSU	010-MYJ
LIN	011-MYJ	012-MYJ	013-MYJ	014-SH	015-SH
	016-SH	017-YSU	018-YSU	019-YSU	020-YSU

El desempeño de los pronósticos se midió utilizando las observaciones provenientes de las estaciones convencionales de superficie del SMN correspondientes al periodo 2020-2021.

Tabla I: Combinación de las configuraciones físicas de los miembros del ensamble

3) RESULTADOS Y CONCLUSIONES

En la figura 2 se muestran los boxplots de las distribuciones del porcentaje de acierto de las temperaturas mínimas (Tmin) y máximas (Tmax) diarias calibradas y sin calibrar.

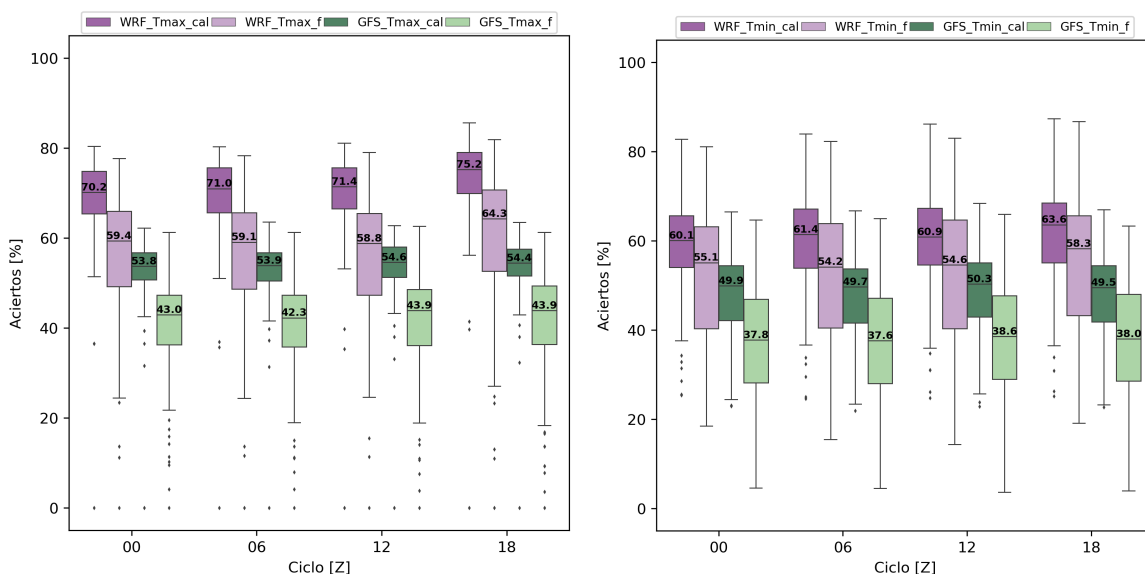


Figura 2: Boxplots del porcentaje de acierto de las Tmin (izq.) y las Tmax (der.) para el plazo 24hs para los modelos WRF y GFS.

Se considera acierto a los pronósticos cuyo error absoluto se aleja hasta 2°C del valor observado. Se comparan los resultados con los pronósticos de GFS de resolución 0.25°. Se puede ver, en primer lugar, que los valores de acierto tanto para Tmin como para Tmax son más altos en el caso de WRF que de GFS en los 4 ciclos. El ciclo de 18Z resulta el de mejor desempeño y el impacto positivo de la calibración es mayor en la Tmax.

En la figura 3 se muestran los diagramas de confiabilidad de los pronósticos probabilísticos de precipitación acumulada en 24hs del modelo WRF. En todos los ciclos se ve una subestimación para las probabilidades de hasta el 40% en el umbral de 1mm y un mejor desempeño con el umbral de 25mm. Para las probabilidades más altas, la confiabilidad del pronóstico queda sobreestimada para los valores de precipitación más altos indicando una componente del error sistemático que puede quedar sujeta a una calibración.

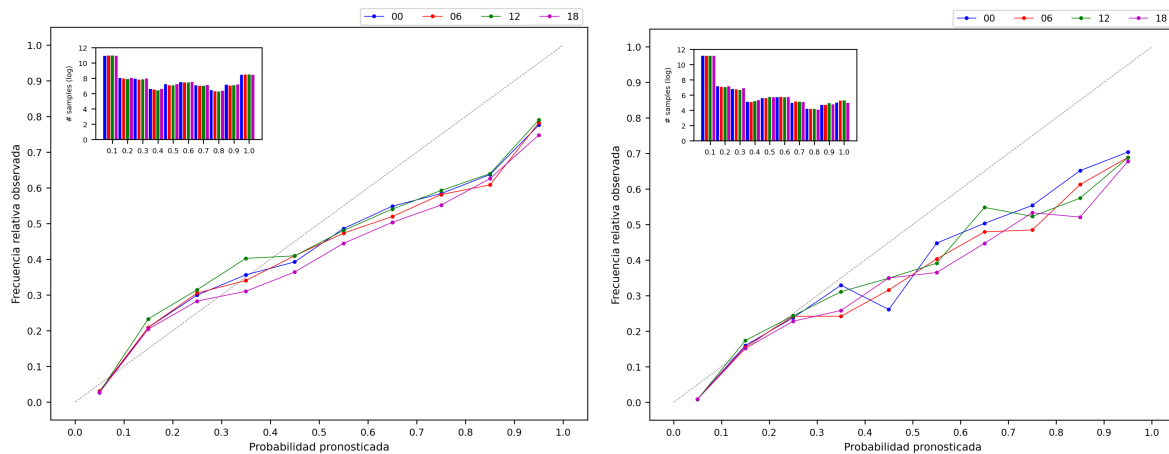


Figura 3: Diagrama de confiabilidad de los pronósticos probabilísticos de precipitación acumulada en 24hs del modelo WRF para el umbral de 1mm (izq.) y 25mm (der.).

Estos resultados alentadores nos impulsan a continuar avanzando en el desarrollo de mejoras del sistema de pronóstico regional en alta resolución con el modelo WRF. Se incluirá en el trabajo a presentar el análisis de otras variables y los resultados a partir del uso de otra información observacional como estimaciones satelitales de precipitación que permitan un adecuado análisis en función de la resolución de los pronósticos.

Agradecimientos

Agradecemos al SMN y al proyecto Ciencia y Tecnología para la Producción del Alerta en Catástrofes Naturales (CyT Alerta) por la adquisición del HPC.

REFERENCIAS

Dillon, M.E., Maldonado, P., Corrales, P., García Skabar, Y., Ruiz, J. J., Sacco, M., Cutraro, F., Mingari, L., Matsudo, C., Vidal, L., Rugna, M., Hobouchian, M.P., Salio, P., Nesbitt, S., Saulo, C., Kalnay, E. y Miyoshi, T., 2021: A rapid refresh ensemble based data assimilation and forecast system for the RELAMPAGO field campaign. Atmos. Res. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2021.105858>.

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.

Dillon, M.E., Matsudo, C., Y. García Skabar, M. Sacco y M. Alvarez Imaz, 2020: Implementación del sistema de pronóstico numérico en el HPC: Configuración del ensamble. Nota Técnica SMN 2020-79.

García Skabar Y., Matsudo C., Sacco M., Ruiz J.J., Righetti S., 2018: Implementación modelo de pronóstico numérico WRF. Nota Técnica SMN 2018-45. <http://hdl.handle.net/20.500.12160/631>.

Skamarock, W. C., Klemp, J. B., Dudhia, J., Gill, D. O., Liu, Z., Berner, J., Wang W., Powers J., Duda M., Barker D. y X. Huang, 2019: A Description of the Advanced Research WRF Model Version 4 (No. NCAR/TN-556+STR).