

# DESEMPEÑO DEL SISTEMA DE ASIMILACIÓN Y PRONÓSTICO DEL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL: RESULTADOS DE VERIFICACIÓN EN EL PERIODO 2020-2024

**Cynthia Matsudo<sup>1</sup>, Silvina Righetti<sup>1,2</sup>, Yanina García Skabar<sup>1</sup>, Federico Cutraro<sup>1</sup>,  
María Eugenia Dillon<sup>3</sup>, Paula Maldonado<sup>1</sup>, Maximilano Sacco<sup>1</sup>, Milagros Alvarez  
Imaz<sup>1</sup>, Soledad Osoro<sup>1</sup>**  
[matsudo@smn.gob.ar](mailto:matsudo@smn.gob.ar)

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

<sup>2</sup> Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (FCEyN, UBA)

<sup>3</sup> Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

**Palabras clave:** WRF, calidad, SMN.

## 1) INTRODUCCIÓN

La capacidad de los sistemas de pronóstico numérico en detectar la posible ocurrencia de eventos meteorológicos de alto impacto para la población depende, en gran parte, de su habilidad para resolver los procesos termodinámicos que suceden en la atmósfera. Los pronósticos de alta resolución (escala del kilómetro) mejoran el detalle y realismo de los procesos atmosféricos (Kain et al., 2006), pero enfrentan desafíos como la imprecisión en la representación de los procesos de subgrilla y una rápida pérdida de predictibilidad, donde el crecimiento de los errores en escalas grandes domina progresivamente (Durrán y Gingrich, 2014; Nielsen y Schumacher, 2016). Todo esto manifiesta la necesidad de contar con enfoques probabilísticos y esquemas de verificación que evalúen tanto la agudeza (precisión) como la confiabilidad (calibración) de los ensambles, mitigando las limitaciones inherentes a la alta resolución.

La componente operativa del Sistema de Asimilación y Pronóstico del SMN (SAP.SMN, Matsudo et al., 2022) implementada en 2020 provee pronósticos determinísticos y probabilísticos con 4 km de resolución horizontal. Desde ese entonces se ha desarrollado un esquema de verificación para cuantificar los errores utilizando métricas estadísticas acordes para mostrar el desempeño de sus pronósticos.

El objetivo de este trabajo es analizar la calidad del SAP.SMN del ciclo de 06 UTC para el periodo 2020-2024. Cuando resulta posible, se incluye una comparación con un modelo global de menor resolución como el GFS. Se plantearán las ventajas y desafíos en el desempeño de los modelos regionales de alta resolución.

## 2) METODOLOGÍA

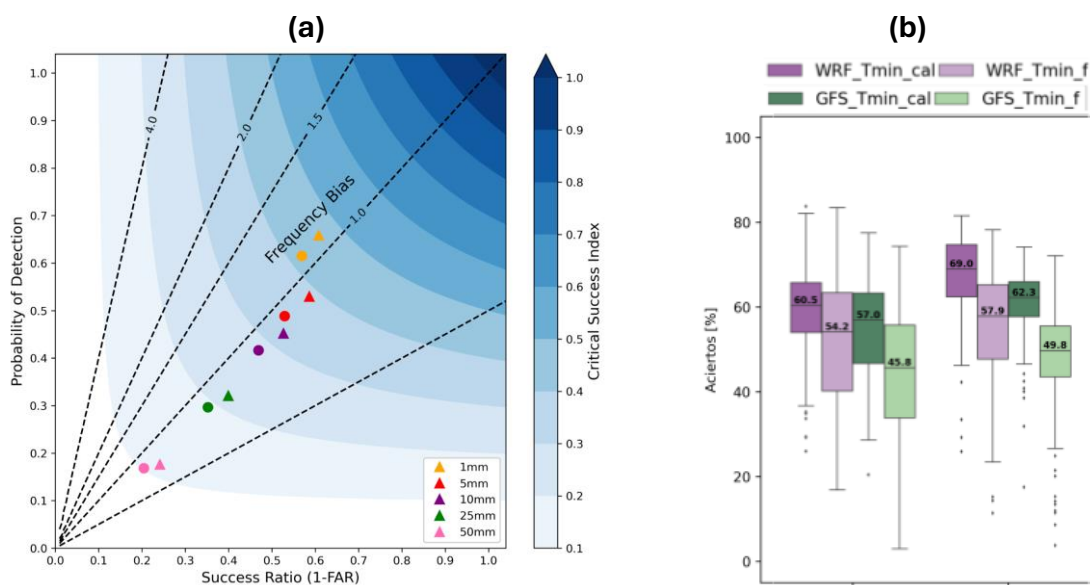
El SAP.SMN posee una componente determinística (SAP.SMN-DET) y otra probabilística (SAP.SMN-ENS) basadas en el modelo numérico WRF-ARW versión 4.0 (Skamarock et al., 2019). El dominio cubre toda Argentina (excepto Antártida), con una resolución horizontal de 4 km y 45 niveles verticales (tope 10hPa) resolviendo la convección de forma explícita. El SAP.SMN-ENS posee 20 miembros generados por la combinación de 3 parametrizaciones de capa límite (MYJ, YSU, SH) y dos microfísicas de 1 momento (WSM6, LIN). El SAP.SMN provee salidas horarias hasta 72 h (SAP.SMN-DET) y 48 h (SAP.SMN-ENS) y las condiciones iniciales y de borde provienen de los análisis y pronósticos del Global Forecasting System (GFS/GEFS).

El desempeño de los pronósticos se midió con las observaciones de 101 estaciones de la red de estaciones convencionales de superficie del SMN para el periodo 2020-2024. Más detalles

sobre la configuración del SAP.SMN y las métricas utilizadas para la verificación se pueden encontrar en Matsudo et al. (2023).

### 3) RESULTADOS Y DISCUSIÓN

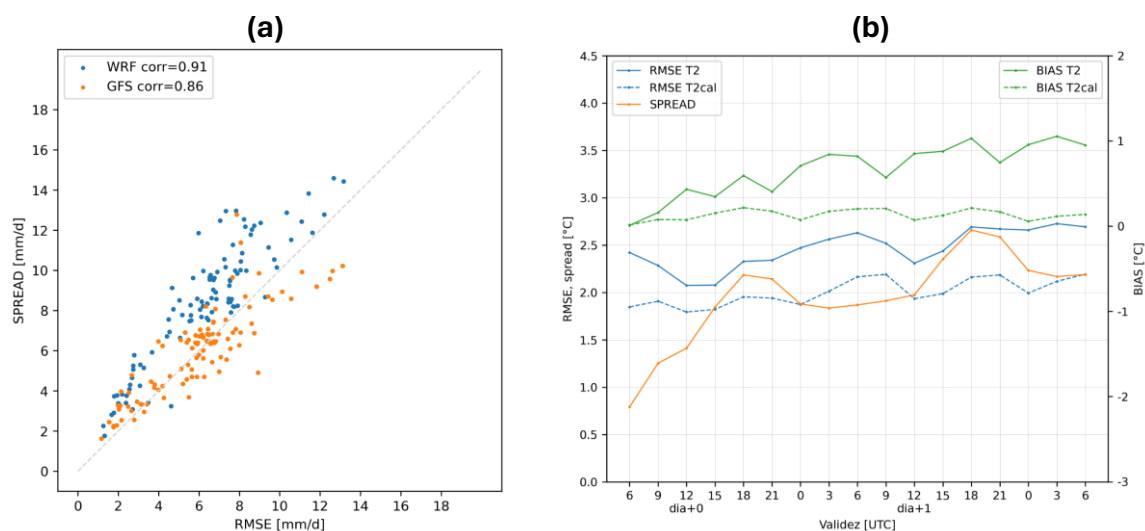
La figura 1 (a) muestra los estadísticos categóricos del SAP.SMN-DET. El bias en frecuencia toma valores cercanos a 1 para todos umbrales excepto para el de 1 mm donde hay una leve sobrestimación de la cantidad de eventos. Y para el plazo 54 h se ven menores valores de POD que para el plazo 30 h, sin embargo, se reduce también la cantidad de falsas alarmas. En cuanto a las  $T_{mín}$  y  $T_{máx}$ , la figura 1 (b) muestra los porcentajes de acierto de las variables calibradas y sin calibrar. Se considera acierto a los pronósticos cuyo error absoluto se aleja hasta  $2^{\circ}\text{C}$  del valor observado. En líneas generales, las  $T_{máx}$  logran un desempeño de aproximadamente el 9% más alto que las  $T_{mín}$  en el caso del SAP.SMN-DET y un impacto de la calibración que supera el 10%.



**Figura 1. (a)** Diagrama de desempeño de PP24 para el SAP.SMN-DET para distintos umbrales para los plazos 30 h (triángulos) y 54 h (círculos). **(b)** Boxplots del porcentaje de acierto de las  $T_{mín}$  (izq.) y las  $T_{máx}$  (der.) para el plazo 24 h para el SAP.SMN-DET y GFS. Los colores oscuros indican variables calibradas.

La distribución de los pronósticos probabilísticos de PP24 de las estaciones del SMN (figura 2 a) muestran que los valores de spread del SAP.SMN-ENS tienen mayor correspondencia con el error que los del ensamble de GFS. Sin embargo, se puede ver que el spread sobrestima los valores de error lo que resulta en un ensamble sobre confiado. Este comportamiento también se ve en el diagrama de confiabilidad (no se muestra) donde para las probabilidades pronosticadas superiores al 30% sobrestiman la frecuencia de eventos observados para los umbrales analizados.

Por otra parte, en la figura 2 (b) se puede ver que la calibración de la temperatura a 2 metros ( $T_2$ ) disminuye la magnitud de la sobrestimación a medida que el plazo aumenta y el RMSE se reduce en aproximadamente  $1^{\circ}\text{C}$ . Después de 9 h de la inicialización del pronóstico, el spread alcanza a representar al error, aunque durante las horas de máxima temperatura lo supera, haciendo que el ensamble se torne sobre dispersivo.



**Figura 2. (a)** Diagrama de dispersión que muestra relación entre el SPREAD y RMSE de los pronósticos probabilísticos de PP24 para SAP.SMN-ENS y GEFS (plazo 30 h). Se agrega en el recuadro el valor del coeficiente de correlación lineal de Pearson. **(b)** Series de RMSE, SPREAD y BIAS de la T2 del SAP.SMN-ENS.

Estos resultados nos impulsan a continuar avanzando en el desarrollo de mejoras continuas como la implementación en diciembre de 2024 de un sistema de asimilación de datos para el SAP.SMN-ENS. En el trabajo a presentar se ampliarán los resultados, incluyendo el análisis de otras variables como magnitud del viento a 10 m, un análisis regional de la variabilidad de los errores y una primera exploración del impacto de la asimilación de datos en el SAP.SMN-ENS.

## REFERENCIAS

- Durran, D. R., and M. Gingrich, 2014:** Atmospheric predictability: Why butterflies are not of practical importance. *J. Atmos. Sci.*, 71, 2476–2488, doi:10.1175/JAS-D-14-0007.1.
- Kain, J. S., S. J. Weiss, J. J. Levit, M. E. Baldwin, and D. R. Bright, 2006:** Examination of convection-allowing configurations of the WRF model for the prediction of severe convective weather: The SPC/NSSL Spring Program 2004. *Wea. Forecasting*, 21, 167–181, doi:10.1175/WAF906.1.
- Matsudo C., García Skabar Y., Righetti S., Cutraro F., Sacco M., Dillon M. E., Alvarez Imaz M., Maldonado P., Salles A., 2022:** Sistema De Pronóstico Numérico Del Servicio Meteorológico Nacional: Componente Operativa. XIV Congreso Argentino de Meteorología. Buenos Aires, Argentina. 7 al 11 noviembre 2022. Sesión de posters.
- Matsudo C., Y. Garcia Skabar, 2023:** Verificación de los pronósticos del Sistema de Asimilación y Pronóstico numérico del SMN para el período 2020-2022. Nota Técnica SMN 2023- 145. 13 páginas.
- Nielsen, E. R., and R. S. Schumacher, 2016:** Using convection-allowing ensembles to understand the predictability of an extreme rainfall event. *Mon. Wea. Rev.*, 144, 3651–3676, doi:10.1175/MWR-D-16-0083.1.
- 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).