

SISTEMA DE PRONÓSTICO NUMÉRICO DEL SERVICIO METEOROLÓGICO NACIONAL

Cynthia Matsudo¹, Yanina García Skabar^{1,3,4}, Silvina Righetti^{1,2}, Federico Cutraro¹, Maximiliano Sacco¹, María Eugenia Dillon³, Milagros Alvarez Imaz¹, Paula Maldonado¹, Alejandra Salles¹

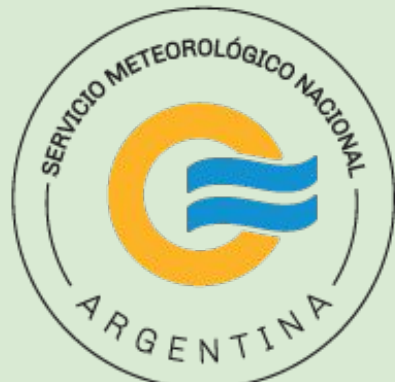
matsudo@smn.gov.ar

¹Servicio Meteorológico Nacional (SMN)

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

³Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

⁴Instituto Franco Argentino sobre Estudios del Clima y sus Impactos IRL 3351-IFAECI (CNRS/IRD/UBA/CONICET)



Motivación: El Servicio Meteorológico Nacional (SMN), en los últimos años, ha contado con distintos sistemas de pronóstico numérico regionales los cuales permitieron 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. La participación del SMN en las campañas de medición Chuva Santa María en 2012 en Brasil y RELÁMPAGO en Córdoba en 2018 junto con la adquisición de un nuevo sistema de cómputo de alta performance (HPC) posibilitaron el testeo de nuevos desarrollos e implementaciones operativas avanzando en el esquema determinístico como en la representación de la incertidumbre.

Objetivo: describir las características del Sistema de Asimilación y Pronóstico operativo en alta resolución del SMN (SAP.SMN), sus esquemas determinístico y probabilístico, presentar resultados del desempeño del sistema mediante estadísticos de verificación adecuados y mostrar los ejes que se están desarrollando en la actualidad para futuras implementaciones.

Pronósticos numéricos del SAP.SMN-DET

Modelo → Weather Research and Forecasting (WRF) con núcleo dinámico Advanced Research WRF (ARW) versión 4.0 (no hidrostático con paso de integración variable)

Inicializaciones → 00, 06, 12 y 18 UTC

Resolución horizontal → 4 km

Niveles verticales → 45 (tope 10 hPa)

Plazos de pronóstico → hasta 72 horas

Domínio → sur de Sudamérica 1249 x 999 puntos (Figura 1)

CIs/CBs → análisis y pronósticos de GFS de resolución 0.25°



Figura 1: Dominio WRF con proyección Conforme de Lambert.

SAP.SMN-ENS

20 miembros → combinaciones de parametrizaciones de microfísica de 1 momento y CLP (Tabla 1)

Plazos de pronóstico → hasta 48 horas

CIs/CBs → análisis y pronósticos de GEFS 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

Tabla 1: Combinación de las configuraciones físicas de los miembros del SAP.SMN-ENS.

Cómputo de alto desempeño:

- 0.14 Petaflops = 140 billones de operaciones por segundo
- 4096 procesadores = 1000 notebooks
- 870 Tb almacenamiento
- DET → 60 nodos aprox. 35min
- ENS → 120 nodos aprox. 2h
- Postproceso de archivos → aprox. 460 Gb por corrida (se guardan aprox 95Gb)

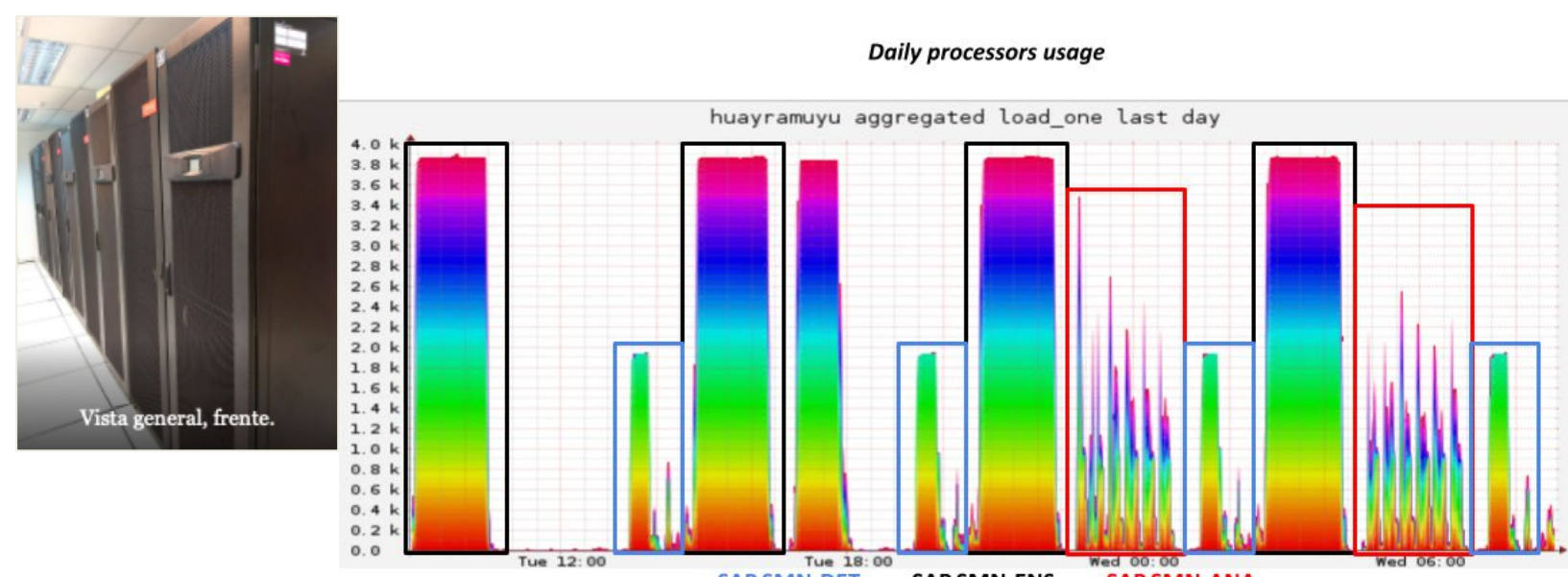


Figura 2: Vista del HPC Huayra Muyu (izq.) y uso del clúster en las distintas etapas del esquema operativo (der.)

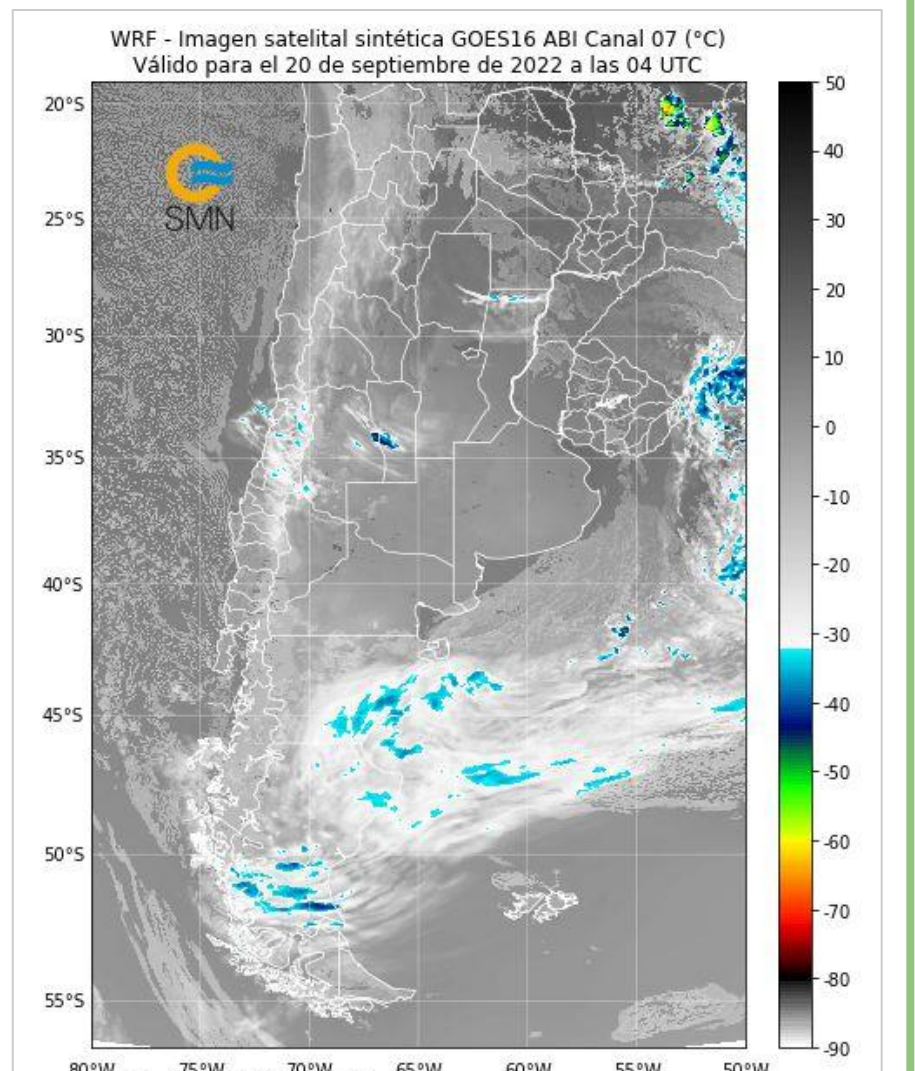
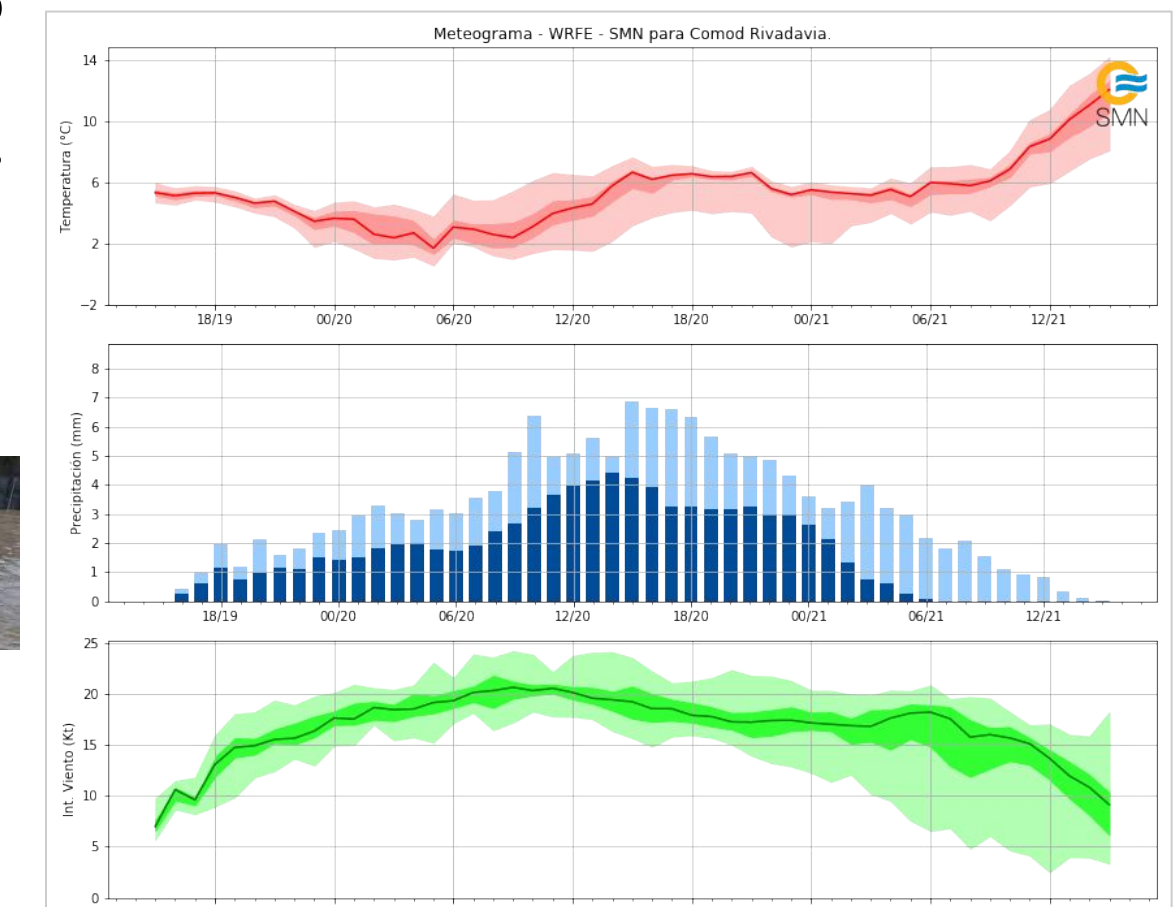
Calibración Debido a los errores sistemáticos detectados mediante la comparación entre los pronósticos numéricos y las observaciones de superficie, se aplican procesos operativos de calibración basados en filtros de Kalman. Las variables que se calibran son precipitación (ver póster A5_15), temperatura a 2m, temperaturas máximas y mínimas diarias y magnitud del viento a 10m (ver póster A5_16).

Precipitaciones intensas en Comodoro Rivadavia

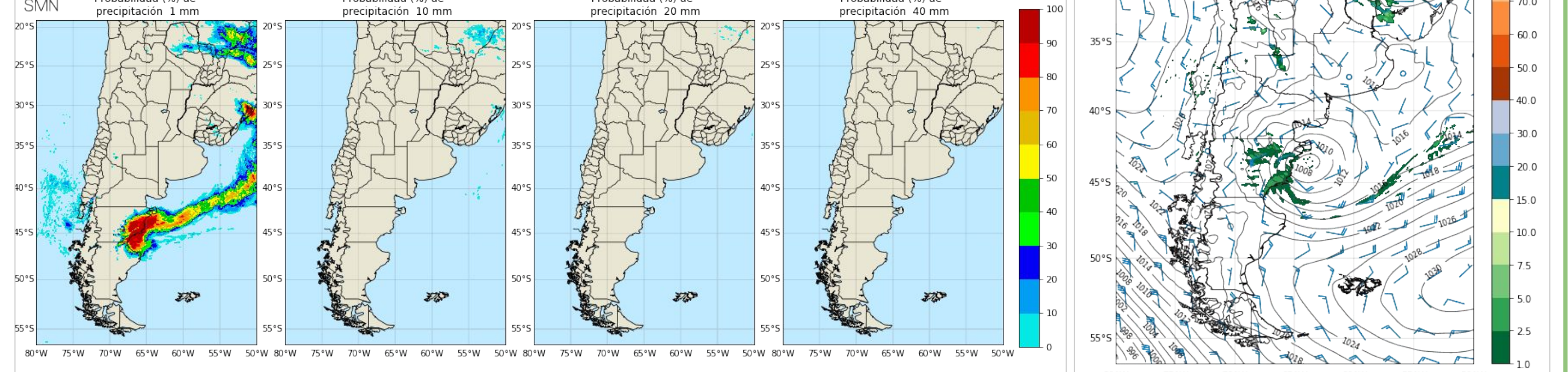
Las tormentas que sucedieron entre el 19 y 21 de septiembre pasado provocaron numerosas inundaciones en la ciudad. La estación del SMN registró los siguientes valores de precipitación acumulada: 19/9 55 mm, 20/9 83 mm



Modelo de transferencia radiativa (CRTM) Se generan imágenes satelitales sintéticas en todos los canales de GOES 16. (72 nodos en 1 minuto)



PROBABILIDAD



Análisis del desempeño del SAP.SMN: esquema de verificación

- **Observaciones utilizadas:**
 - (a) provenientes de la red de estaciones convencionales de superficie del SMN
 - (b) Estimaciones satelitales de precipitación experimental SQPE (charla A7_07)
- **Periodo:** 2020-2021
- Cuando es posible, se compara con los pronósticos de GFS y GEFS

Precipitación 24h:

- Mejor correspondencia en la relación de precipitación del SAP.SMN-DET respecto al del GFS, aunque ambos modelos subestiman el volumen total. Los pronósticos del plazo 54h (día+1) se ajustan mejor a las observaciones que los válidos a 30h.
- Mapa BIAS muestra sobreestimación de la precipitación en el plazo 30h sin calibrar sobre la cordillera de los Andes especialmente en el extremo sur que disminuye con el proceso de calibración.
- Los estadísticos categóricos muestran que para los umbrales 1, 5 y 10 mm el GFS muestra valores superiores de ETS pero mayores sobreestimaciones que el SAP.SMN-DET.

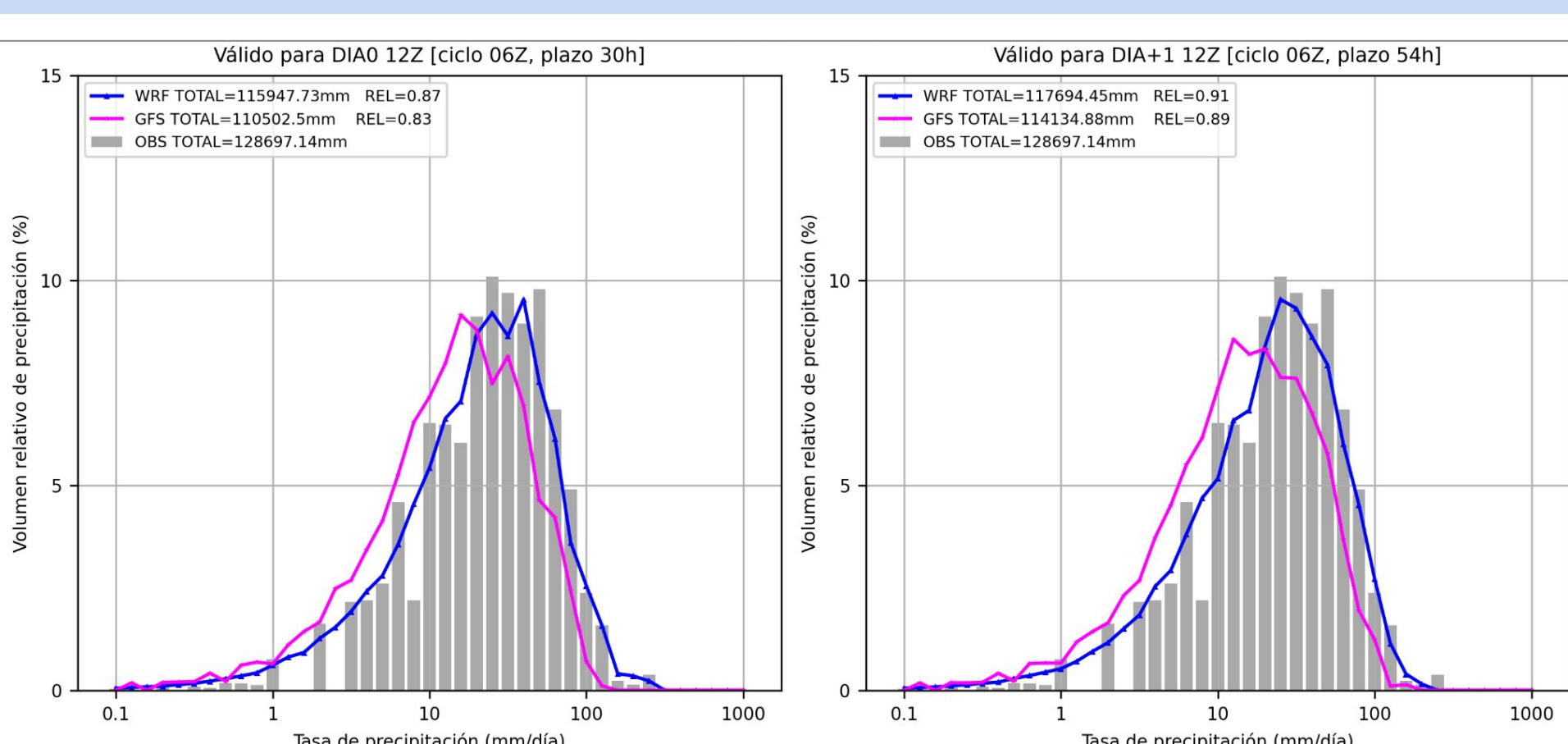


Figura 3: Funciones de distribución volumétrica de precipitación acumulada en 24h válidas para el día 0 (izq.) y día+1 (der.) para el SAP.SMN-DET y GFS (ciclo 06Z). Las barras grises corresponden a las observaciones y se incluye en la leyenda el valor de la precipitación total observada y pronosticada y la relación entre ambas.

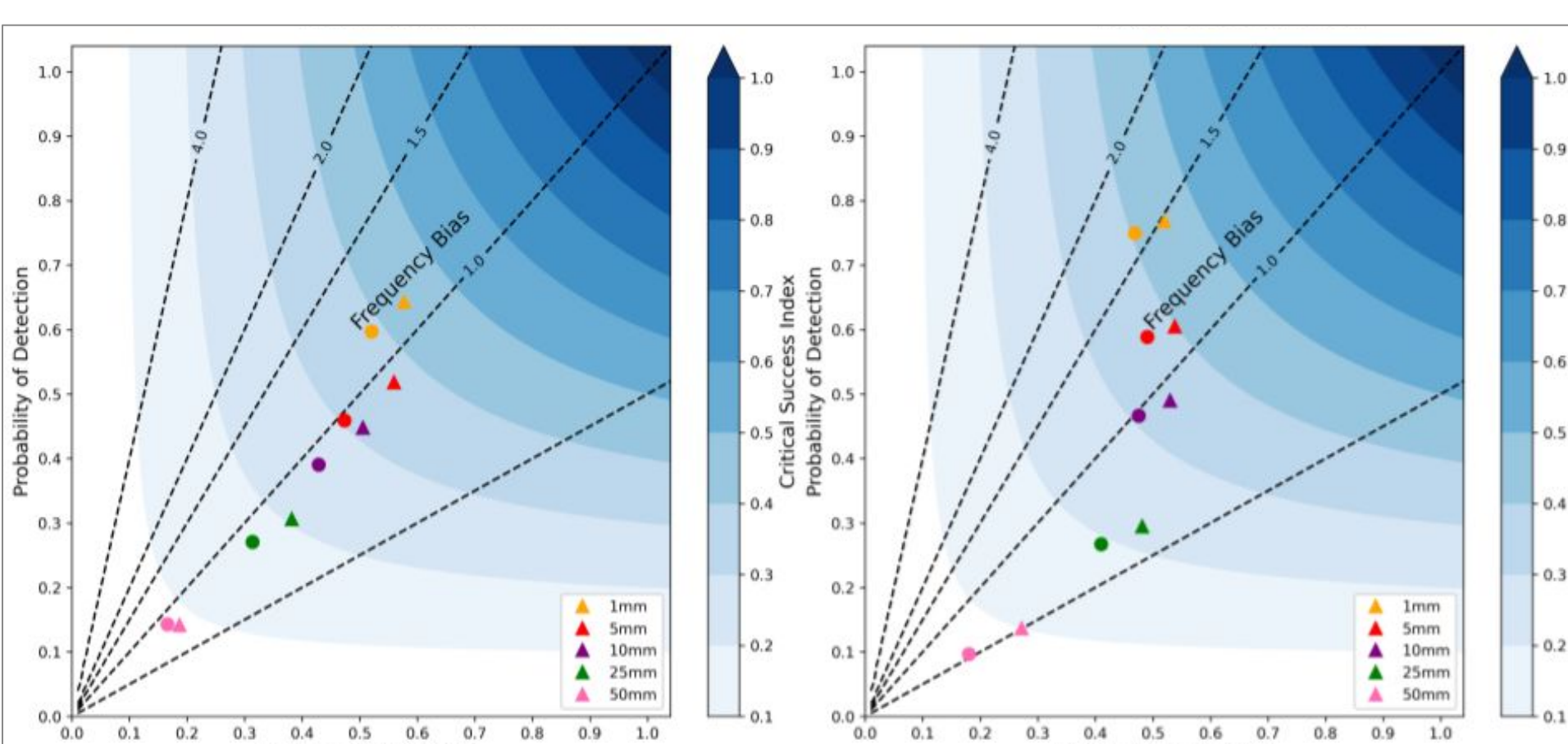


Figura 4: Diagramas de desempeño de precipitación acumulada en 24h válidos para el día 0 (plazo 30h, triángulos) y día+1 (plazo 54h, círculos) para el SAP.SMN-DET (izq.) y GFS (der.) para el ciclo 06Z.

Precipitación 24h:

- El diagrama de confiabilidad muestra una leve sobreestimación del SAP.SMN-ENS para las probabilidades bajas en el umbral de 1 mm mientras que para las probabilidades superiores a 40% y el umbral de 25 mm domina la subestimación y un comportamiento más errático dado por la cantidad de información.
- El histograma de rangos muestra que ambos modelos resultan subdispersivos con peores desempeños en las precipitaciones más grandes, sin embargo el SAP.SMN-ENS presenta una leve mejora en términos de dispersión sobre el GEFS.

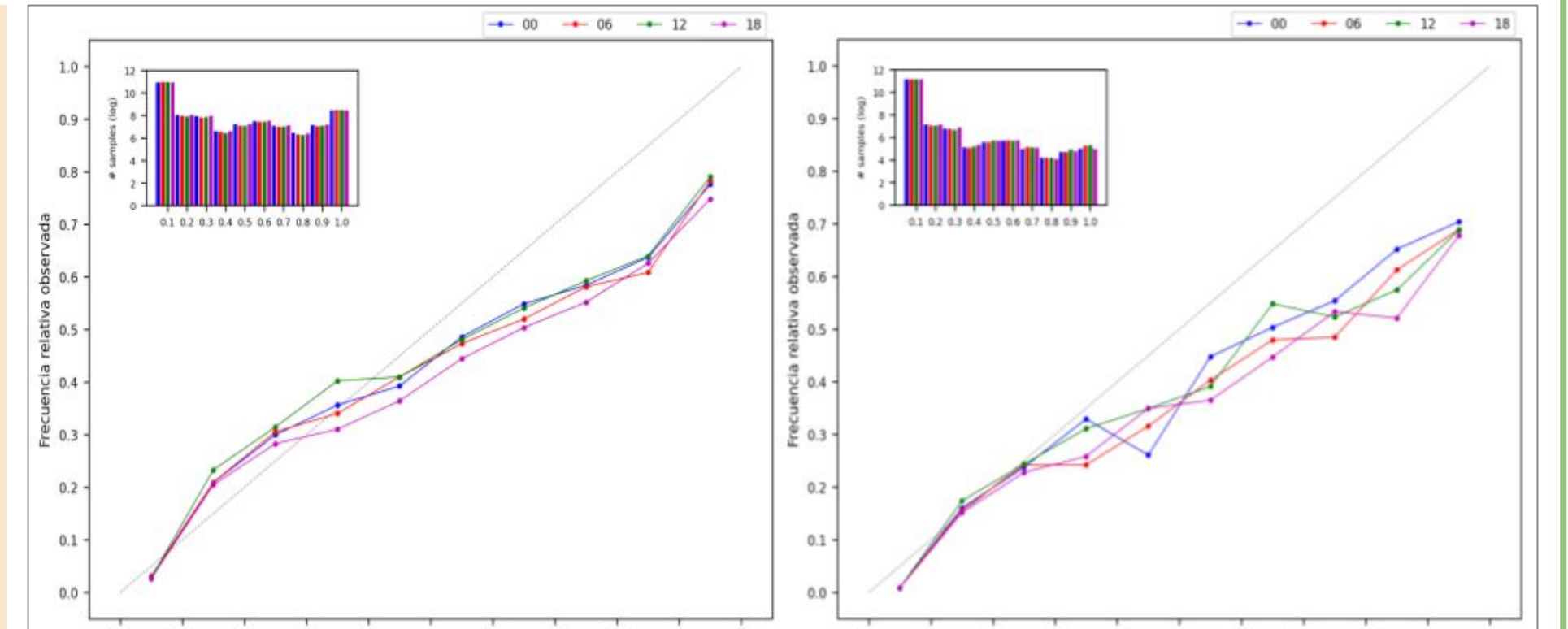


Figura 7: Diagrama de confiabilidad de los pronósticos probabilísticos de precipitación acumulada en 24h del SAP.SMN-ENS para el umbral de 1mm (izq.) y 25mm (der.).

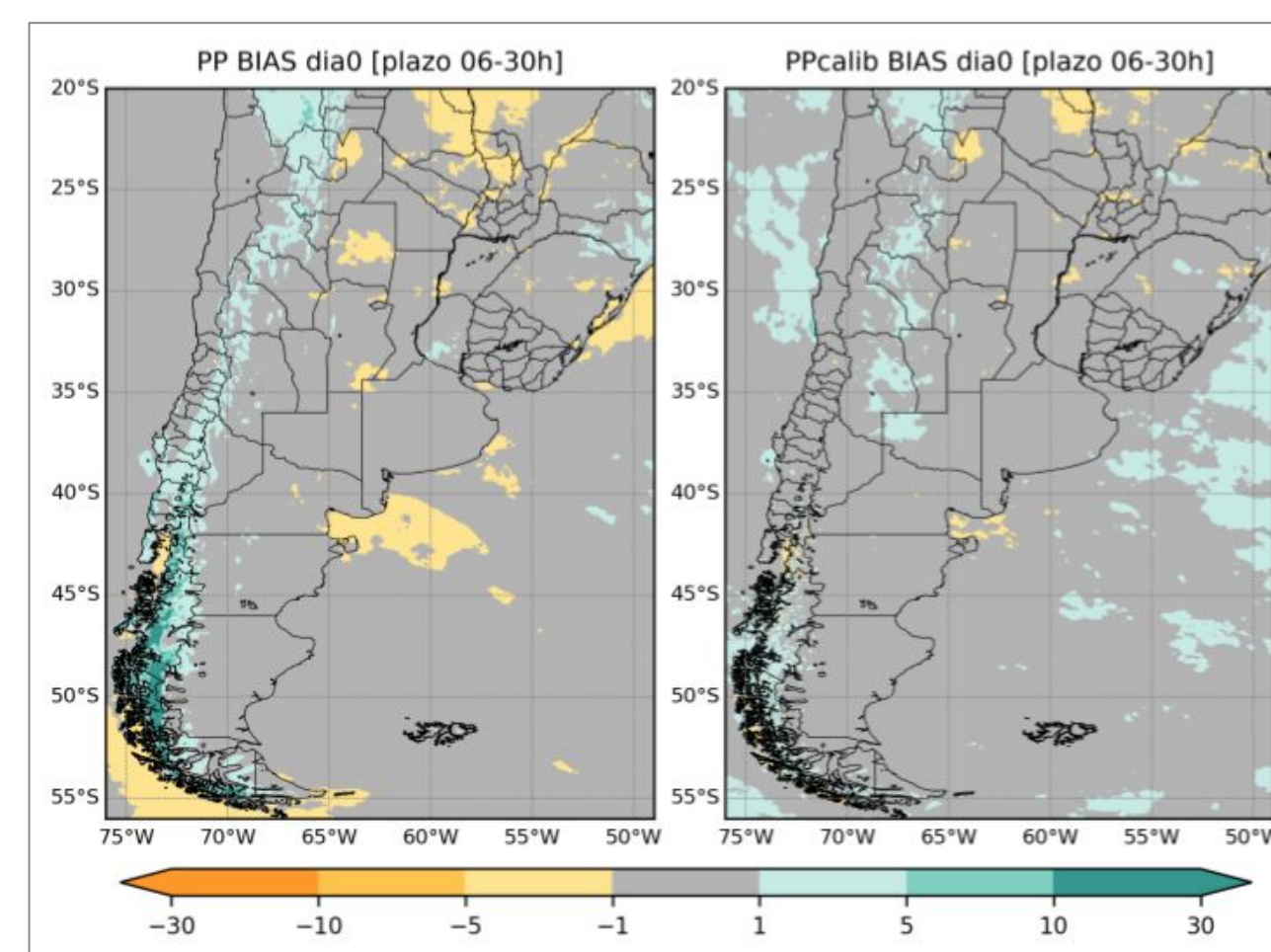


Figura 5: Bias medio del SAP.SMN-DET respecto SQPE de precipitación acumulada en 24h (plazo 30, ciclo 06Z) sin calibrar (izq.) y calibrada (der.).

Tmín y Tmáx:

- Mejor desempeño de Tmáx respecto de Tmín para ambos modelos.
- La calibración aumenta el porcentaje de aciertos en ambas variables, demostrando la ventaja de su incorporación.

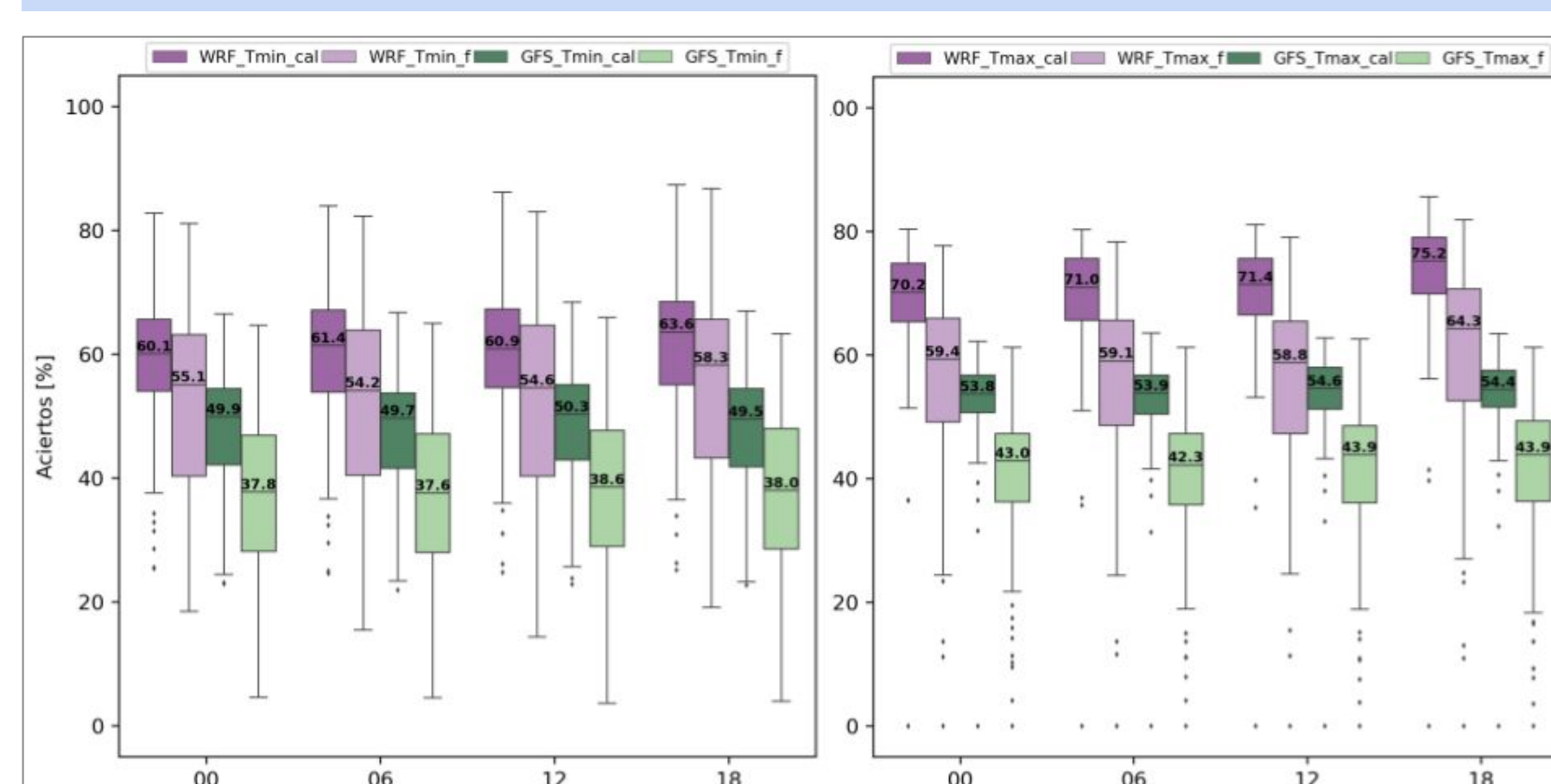


Figura 6: Boxplots del porcentaje de acierto (+/-2°C) de las Tmín (izq.) y las Tmáx (der.) para el plazo 24h para el SAP.SMN-DET y GFS.

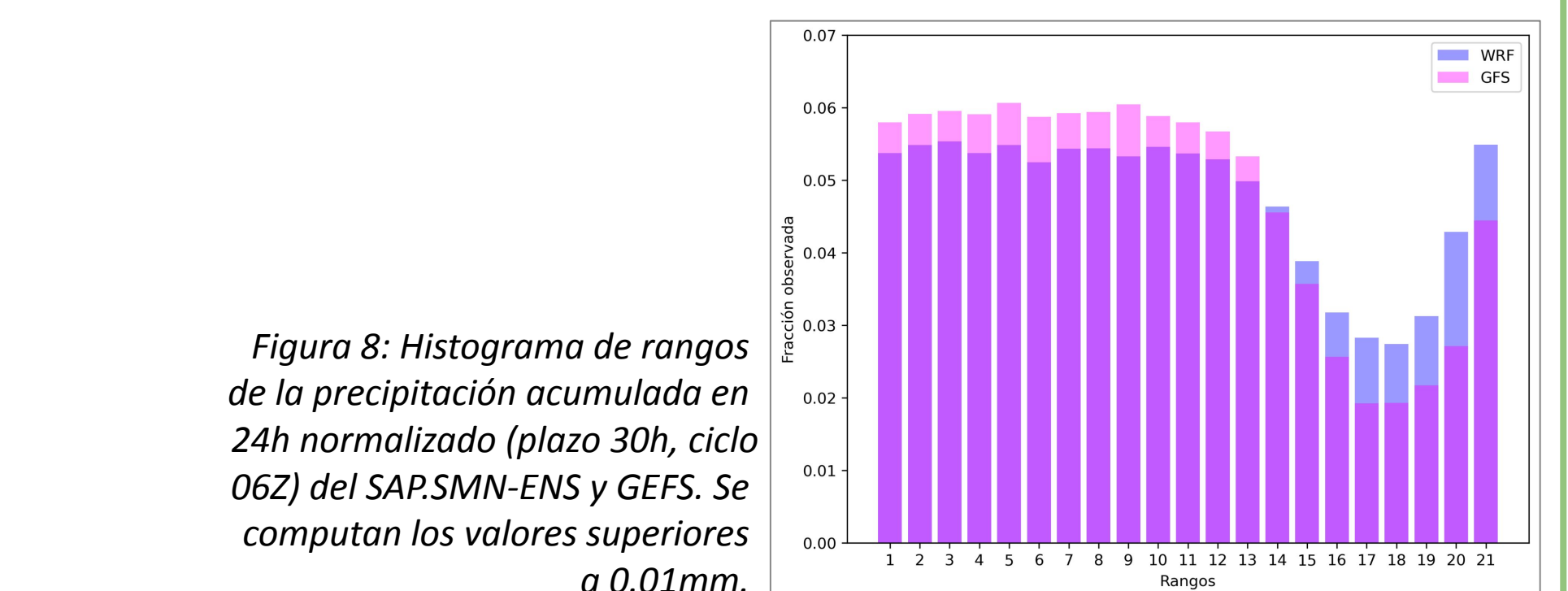


Figura 8: Histograma de rangos de la precipitación acumulada en 24h normalizado (plazo 30h, ciclo 06Z) del SAP.SMN-ENS y GEFS. Se computan los valores superiores a 0.01mm.

Magnitud de viento 10m:

- Se ve una sobreestimación de la magnitud del viento a lo largo de todo el plazo de pronóstico afectado por un ciclo diario del RMSE del SAP.SMN-ENS debido al régimen de medición y la disponibilidad de observaciones en horas de la noche.
- Aunque el SAP.SMN-ENS resulta subdispersivo, la calibración mejora el desempeño.

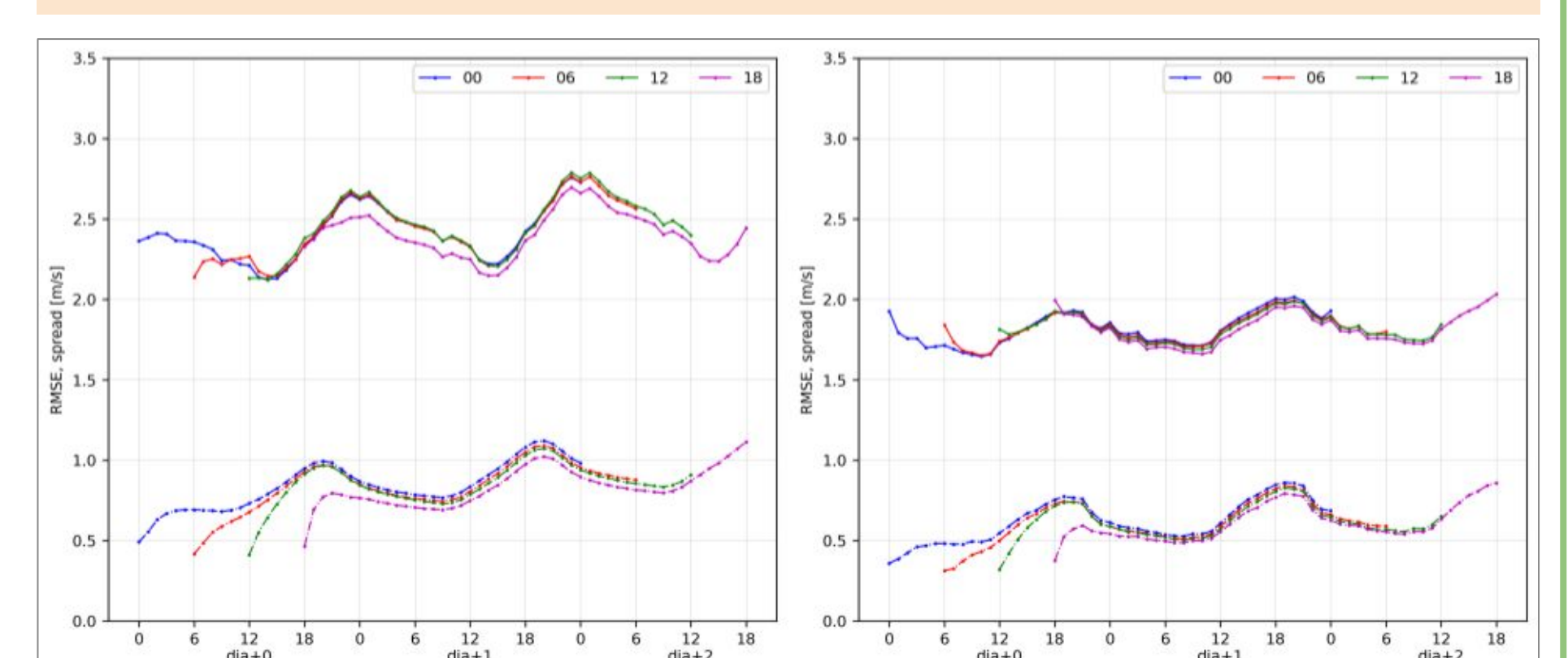


Figura 9: Series de RMSE y spread de los pronósticos probabilísticos del SAP.SMN-ENS de magnitud de viento a 10m sin calibrar (izq.) y calibrado (der.).

Desarrollos en etapa experimental

- ★ Implementación del sistema de asimilación de datos LETKF-WRF (póster A5_20).
- ★ Proyecto PREVENIR para generación de un sistema de pronóstico y alerta de inundaciones repentinas ⇒ se están realizando los primeros experimentos en el diseño de un ensamble de 40 miembros en alta resolución con DA para las cuencas Sarandí-Santo Domingo (pcia. BA) y Suquía (Cba.).

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.