

# EVALUACIÓN DE PRONÓSTICOS POR ENSAMBLE EN ALTA RESOLUCIÓN PARA UN EVENTO DE PRECIPITACIÓN INTENSA

Cynthia M. MATSUDO<sup>1</sup>, Yanina GARCÍA SKABAR<sup>1,2,5</sup>, Juan J. RUIZ<sup>3,4,5</sup>

[matsudo@smn.gov.ar](mailto:matsudo@smn.gov.ar)

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

<sup>2</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Tecnológicas (CONICET)

<sup>3</sup>Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CONICET-UBA)

<sup>4</sup>Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (FCEyN, UBA)

<sup>5</sup>Instituto Franco Argentino sobre Estudios del Clima y sus Impactos UMI-IFAEI (CNRS/UBA/CONICET)

**Motivación y objetivo:** En la mesoescala, no existe un consenso aún sobre cuáles son las técnicas más efectivas para representar la incertidumbre asociada a las condiciones iniciales y a los errores de modelo. En ese sentido, este trabajo presenta tres alternativas diferentes en la generación de pronósticos por ensambles en alta resolución utilizando el modelo WRF-ARW. Se muestra el desempeño de dichos pronósticos para un caso de estudio de precipitación intensa ocurrido entre el 22 y 24 de diciembre de 2015 sobre el centro noreste de Argentina.

## Configuración de los ensambles

- 20 miembros, modelo WRF-ARW v3.7 (Skamarock y otros, 2008)
- Resolución horizontal de 4 km y 38 niveles verticales, 48 hs de plazo
- CIs y CBs provistas por los análisis y pronósticos del Global Forecast System (GFS\_0.25° cada 3 horas, NCEP) y los 20 miembros del ensamble de GFS (GEFS\_1°, NCEP) correspondientes a la corrida de 12Z del 22 diciembre de 2015

**ens.ctrl** → única configuración física

**ens.multi** → configuración multifísica (Tabla I)

**ens.pert** → configuración multifísica (Tabla I) y CIs/CBs dadas por las perturbaciones de menor resolución del GEFS aplicadas a los análisis y pronósticos trihorarios del GFS de 0.25°

Ensamble	CIs/CBs	Configuración física
ens.ctrl	GEFS_1° cada 6hs	WSM6, YSU
ens.multi	GEFS_1° cada 6hs	multifísica (Tabla I)
ens.pert	GEFS_0.25° cada 3hs	multifísica (Tabla I)

Esquemas PBL	Esquemas de microfísica				
	YSU	A (1,2,3)	B (4,5,6)	D (10,11,12)	C (7,8,9)
MYJ	E (13,14)	F (15,16)	H (19,20)	G (17,18)	

Tabla I: Parametrizaciones físicas usadas en los ensambles "ens.multi" y "ens.pert". Los números en los paréntesis indican los miembros del GEFS utilizados como condición inicial y de borde.

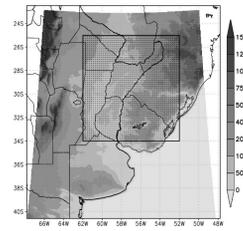


Figura 1: Dominio del WRF-ARW, topografía (somb, m) y subdominio de verificación (región punteada)

## Verificación de pronósticos de precipitación

- Se utilizaron estimaciones satelitales **IMERG versión Final Run** resolución espacial de 0.1° y temporal de 30min (Huffman y otros, 2015)
- Para el cálculo de los estadísticos de verificación se utilizó una retícula común entre los pronósticos y las estimaciones.
- No se consideran las primeras 6 hs de pronóstico para descartar el spin-up del modelo → periodo de verificación definido desde las 18Z 22 diciembre a las 12Z 24 diciembre de 2015
- El subdominio de verificación se muestra en la figura 1

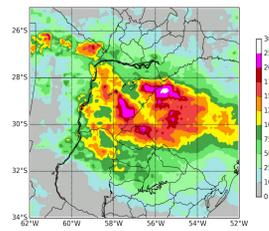


Figura 2: Estimación satelital IMERG Final Run, precipitación acumulada entre las 18Z22dic2015 y las 12Z24dic2015 (mm)

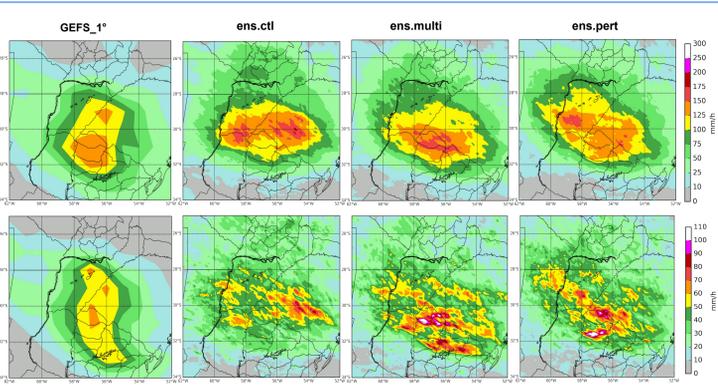


Figura 3: Pronósticos de precipitación acumulada en 42hs entre las 18Z22dic2015 y las 12Z24dic2015 (mm). Valores medios (panel superior) y dispersión (panel inferior).

- Los 3 ensambles diseñados lograron capturar la ubicación del patrón de precipitación total del evento aunque los máximos valores medios fueron suavizados quedando desplazados hacia el sudoeste respecto del campo de precipitación observada.
- La incorporación de multifísica incrementó la dispersión del ensamble (ens.multi y ens.pert) en comparación con la dispersión dada por el uso de distintas CIs (ens.ctrl).
- El GEFS, dada su menor resolución, presentó la mayor subestimación.

## Referencias:

Huffman y otros, 2015: NASA Global Precipitation Measurement Integrated Multi-satellite Retrievals for GPM (IMERG). Algorithm Theoretical Basis Doc., version 4.5, 30 pp.  
 Roberts and H. W. Lean, 2008: Scale-selective verification of rainfall accumulations from high-resolution forecasts of convective events. Mon. Wea. Rev., 136, 78–97.  
 Skamarock y otros, 2008: A description of the advanced research WRF version 3. NCAR Tech. Note NCAR/TN-475+STRence. Journal of Atmospheric Sciences, Boston, 41:2052-2062

**Agradecimientos:** La realización de este trabajo fue financiada parcialmente por el proyecto PIDDEF 16/2014. Los experimentos fueron realizados en el cluster de alto desempeño TUPAC en el marco del proyecto PADS-MINCYT (2017).

**Conclusiones y trabajos futuros:** En este trabajo se presentaron 3 estrategias en el diseño de un sistema de pronóstico por ensamble en alta resolución para un caso de estudio de precipitación intensa. Los resultados preliminares, basados en la verificación de pronósticos de precipitación, indican que si bien los ensambles exhibieron poca dispersión, los ensambles multifísicos mostraron un mejor desempeño que aquel diseñado con una única configuración física.

A futuro, se buscará extender este análisis a más casos de estudio considerando el uso de ensambles multifísicos de modo de poder realizar un análisis de sensibilidad de las parametrizaciones utilizadas. Se explorará la inclusión de perturbaciones estocásticas para considerar la incertidumbre asociada a los errores del modelo y su relación con el aumento de la dispersión. Por otra parte, se hace evidente la necesidad de incorporar observaciones a través de un esquema de asimilación de datos de modo de mejorar la calidad de las condiciones iniciales.

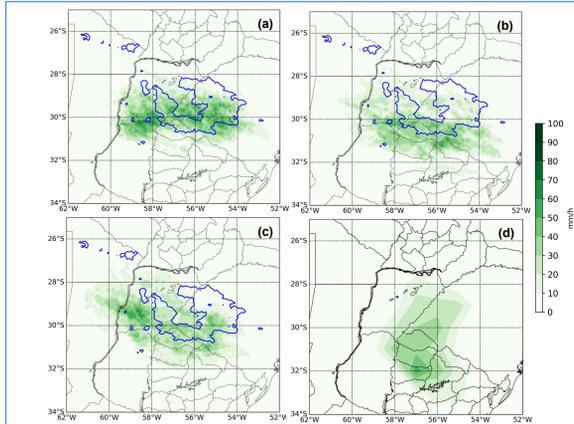


Figura 4: Probabilidad de precipitación acumulada en todo el periodo mayor a 150mm pronosticada (somb, %) por ens.ctrl (a), ens.multi (b), ens.pert (c) y GEFS (d). Valor de 150mm estimado por IMERG Final Run (contorno azul).

- Las diferencias en la ubicación de los máximos de probabilidad mostraron la sensibilidad al método de generación de los ensambles.
- Para el umbral de 150mm, el ens.ctrl logró ubicar las mayores probabilidades en torno al máximo de precipitación observada.
- El GEFS pronosticó valores de probabilidad menor que los ensambles de alta resolución ubicando el máximo más al sur que el campo observado.

- Las curvas PDF indican el porcentaje de volumen de precipitación que cada ensamble ha contribuido en cada intervalo (tasas expresadas en dBR) al volumen total en el subdominio. Las barras grises se corresponden a la distribución de probabilidad de las observaciones. Las frecuencias fueron normalizadas en cada intervalo por la cantidad de pronósticos u observaciones según correspondió.
- En el recuadro superior se muestra la relación entre la media del volumen total de precipitación pronosticada y observada. El ens.ctrl sobreestima el volumen total y, en particular, sobreestima para los umbrales más altos por lo que la distribución muestra un corrimiento hacia las tasas más altas.
- Los ensambles multifísicos (ens.multi y ens.pert) muestran un mejor ajuste al volumen total de precipitación y una mejor correspondencia con la distribución de probabilidades observada.

- Los gráficos de barras muestran el volumen total de precipitación trihoraria pronosticado por cada miembro y el valor medio integrado en el periodo de verificación. Los miembros de los ensambles multifísicos mostraron mayor dispersión y los valores medios pronosticados se asejaron más al valor observado

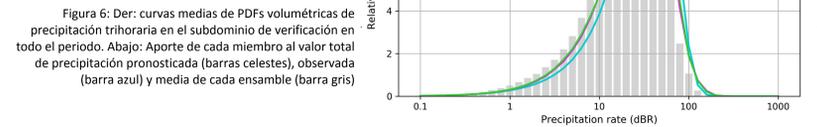


Figura 6: Der: curvas medias de PDFs volumétricas de precipitación trihoraria en el subdominio de verificación en todo el periodo. Abajo: Aporte de cada miembro al valor total de precipitación pronosticada (barras celestes), observada (barra azul) y media de cada ensamble (barra gris)

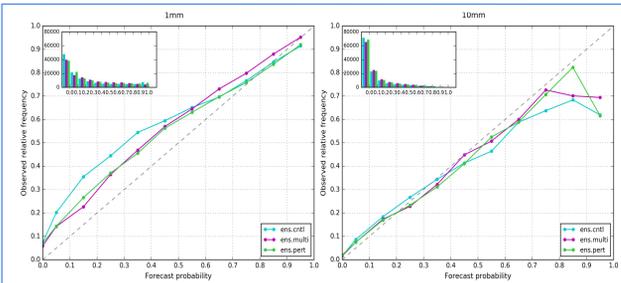
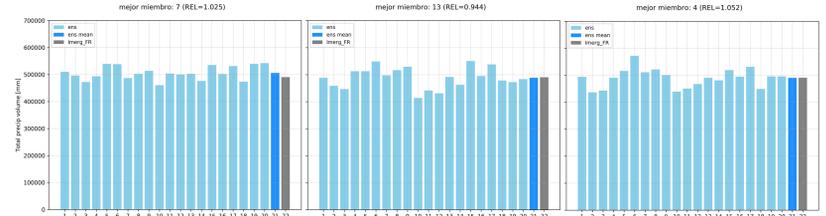


Figura 7: Diagrama de confiabilidad de los pronósticos de precipitación trihoraria para el umbral de 1 mm (izq) y de 10mm (der) integrado en todo el periodo de verificación

$$FSS = 1 - \frac{\frac{1}{N} \sum (P_i - P_o)^2}{\frac{1}{N} \sum P_i^2 + \frac{1}{N} \sum P_o^2}$$

donde  $P_i$  es la fracción pronosticada,  $P_o$  es la fracción observada, y  $N$  es el número de puntos de la ventana espacial de la retícula de verificación

- El Fractional Skill Score (FSS) es un índice de verificación espacial que, dado un umbral fijo de precipitación, compara los campos de probabilidad pronosticada y observada en función de la escala espacial utilizada en la comparación (dada por un número de puntos en retícula de verificación).
- Los valores medios de FSS para cada ensamble integrados en todo el periodo de verificación muestran que para los umbrales más altos, el FSS disminuye indicando que los ensambles tienen menos habilidad en pronosticar eventos de precipitación intensa.
- Solo para los umbrales más chicos, los ensambles multifísicos muestran mejor desempeño que el ens.ctrl

- Los 3 ensambles subestiman las probabilidades de ocurrencia de las precipitaciones más débiles (probabilidades > 1mm), sin embargo, para las probabilidades más altas, se observa una mayor correspondencia
- Para el umbral de 10mm, la confiabilidad de los ensambles resulta excesiva dado que sobreestiman las probabilidades de ocurrencia superiores al 50%. Los ensambles multifísicos muestran una menor sobreestimación que el ens.ctrl

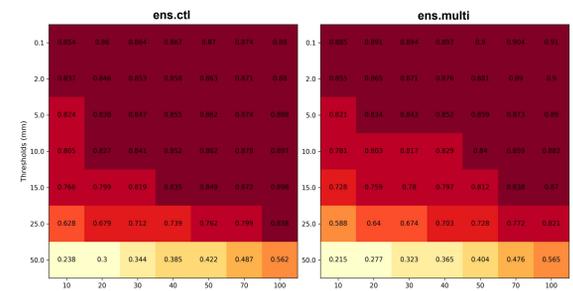


Figura 8: Fractional Skill Score medio de la precipitación trihoraria en el subdominio de verificación en todo el periodo. La escala espacial corresponde a la retícula de verificación

