

Desempeño de los pronósticos calibrados de precipitación acumulada a escala semanal del ensamble de GFS

Nota Técnica SMN 2024-184

**Federico Cutraro¹, Cynthia Matsudo¹, Alejandro Godoy² y
Laura Aldeco³**

¹ Dirección de Productos de Modelación Ambiental y Sensoramiento Remoto

² Dirección de Servicios Sectoriales

³ Dirección Central de Monitoreo del Clima

Noviembre 2024

Información sobre Copyright

Este reporte ha sido producido por empleados del Servicio Meteorológico Nacional con el fin de documentar sus actividades de investigación y desarrollo. El presente trabajo ha tenido cierto nivel de revisión por otros miembros de la institución, pero ninguno de los resultados o juicios expresados aquí presuponen un aval implícito o explícito del Servicio Meteorológico Nacional.

La información aquí presentada puede ser reproducida a condición de que la fuente sea adecuadamente citada.

Resumen

En este trabajo se presenta la aplicación de la metodología Empirical Quantile Mapping para calibrar los pronósticos de precipitación semanal del ensamble del modelo GFS entre diciembre de 2020 y agosto de 2023. En particular, se realiza un análisis de la verificación de los pronósticos calibrados y sin calibrar válidos para las semanas 1 y 2 así como también una distinción entre temporada cálida y fría. Las observaciones utilizadas para verificar los pronósticos corresponden a la estimación satelital de precipitación corregida con observaciones de superficie (SQPE). Los pronósticos calibrados presentan una mejor concordancia con las observaciones y logran una mejor representación de la incertidumbre, especialmente para la semana 2. Por ende, permite a los pronosticadores tener una nueva herramienta aplicada a productos de perspectiva a 2 semanas de mejor calidad y exactitud.

Abstract

This study presents the application of the Empirical Quantile Mapping methodology to calibrate the weekly precipitation forecasts of the GFS model ensemble between December 2020 and August 2023. In particular, the verification of calibrated and uncalibrated forecasts valid for weeks 1 and 2 as well as a distinction between warm and cold season is performed. The observations used to verify the forecasts correspond to the satellite estimation of precipitation corrected with surface observations (SQPE). The calibrated forecasts show a better agreement with the observations and achieve a better representation of the uncertainty, especially for week 2. Therefore, it allows forecasters to have a new tool applied to 2-week outlook products of better quality and accuracy.

Palabras clave: calibración, Empirical Quantile Mapping, SQPE, GEFS, verificación

Citar como: Cutraro F., C. Matsudo, A. Godoy, L. Aldeco, 2024: Desempeño de los pronósticos calibrados de precipitación acumulada a escala semanal de GEFS. Nota Técnica SMN 2024-184.

1. INTRODUCCIÓN

Las predicciones subestacionales, en particular los pronósticos en periodos de semanas son relevantes para la toma de decisiones en diferentes sectores como la agricultura, recursos hídricos y la energía entre otros. Los modelos de pronóstico numérico pierden gran parte de su capacidad de predicción en un plazo mayor a 10 días (White y otros, 2017). Sin embargo, existen ventanas de oportunidad, debido a la existencia de forzantes atmosféricos en esta escala, que permiten aumentar la predictibilidad de los pronósticos a 2 y 3 semanas de plazo (Mariotti y otros, 2020). En este sentido, es fundamental conocer la habilidad de los modelos numéricos en predecir variables atmosféricas en la escala semanal y si es posible reducir el error en los pronósticos.

El error sistemático que pueden tener los modelos numéricos se puede reducir a través de técnicas de calibración. Fan y van den Dool (2011) aplicaron una calibración básica a la variable precipitación y temperatura semanal y encontraron una mejora en el pronóstico a 1 y 2 semanas. En nuestro país, por ejemplo, se han aplicado técnicas de calibración a los pronósticos del ensamble del modelo Global Forecasting System (GFS) para la variable temperatura media semanal obteniendo resultados satisfactorios (Godoy y Cutraro, 2024). Con respecto a los pronósticos de precipitación acumulada semanal, calibrados por la técnica de análogos (Aldeco y otros, 2022), muestran un mejor desempeño durante la semana 1, y considerando un umbral de 30 mm el pronóstico tiende a pronosticar menos eventos que los observados y con el umbral de 5 mm se encuentra lo opuesto. Como fue notado en Castro y Godoy (2024) los pronósticos en esta escala para el modelo GFS presentan un bias positivo el cual genera un aumento de las falsas alarmas y por lo tanto una disminución de la calidad del mismo. Por este motivo, se plantea utilizar la metodología de calibración de la precipitación que se aplicó de manera satisfactoria para la escala diaria en Righetti y otros (2024) a los pronósticos de precipitación acumulada para las semanas 1 y 2 del ensamble de GFS.

2. METODOLOGÍA Y DATOS

La metodología empleada para realizar la calibración de los pronósticos de precipitación semanal es la Empirical Quantile Mapping (EQM) empleada en trabajos como el de Gudmundson y otros (2012) y Righetti y otros (2024), este último en particular, aplicado en el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) para la calibración de los pronósticos diarios de precipitación de los modelos WRF y GFS. La idea subyacente de la metodología es encontrar una función que realice un ajuste de la distribución pronosticada de precipitación a la observada y de esta manera corregir cualquier sesgo sistemático que pudiera tener y además corregir la frecuencia de días con precipitación. Para un mayor detalle de la metodología referirse a Righetti y otros (2024).

Las observaciones empleadas para realizar el ajuste entre la distribución pronosticada y observada son las del producto de estimación satelital SQPE que combina estimaciones satelitales de precipitación con observaciones puntuales de estaciones de superficie, para generar un producto de mayor calidad (Hobouchian y otros, 2021). Estos datos se encuentran disponibles para la región comprendida entre -56° y -20° de latitud y -76° y -49° de longitud con una resolución de $0,1^{\circ}$ y se

disponen datos desde el 1 de enero de 2018 hasta la actualidad. Los datos corresponden a valores de precipitación acumulados en 24 horas entre las 12Z de cada día y 12Z del día siguiente (día pluviométrico). Como fue notado en Righetti y otros (2024), estas observaciones presentan algunos datos que podrían ser erróneos, por lo que se aplicó el mismo criterio para eliminar los valores sospechosos.

En cuanto a los pronósticos empleados, se utilizaron los correspondientes a la inicialización de 00Z del ensamble del modelo GFS (de aquí en adelante GEFS). Se calculó la precipitación pronosticada en cada día pluviométrico y luego se acumuló para las semanas 1 y 2. El ensamble cuenta con 30 miembros y 1 miembro control con los cuales se calcula la media del ensamble. Los pronósticos del GEFS, disponibles en el SMN, tienen un dominio global con una resolución de 0.5° por lo que se realizó una interpolación al mismo dominio y resolución de las observaciones para realizar la calibración. Además, se aplicó una máscara para realizar la verificación solo en territorio argentino dado que la corrección que se realiza en el SQPE considera más cantidad de información sobre nuestro país (Hobouchian y otros, 2021). El periodo completo de verificación comprende entre el 1 de diciembre 2020 al 31 de agosto 2023. Se definió como temporada cálida la que comprende los meses de diciembre-enero-febrero, mientras que la temporada fría quedó definida con los meses de junio-julio-agosto. Por lo que, dentro del periodo completo de verificación, se pudieron estudiar 3 temporadas cálidas y 3 frías.

Se consideraron 2 umbrales: 5 y 30mm donde el primero se utilizó como umbral para definir la variable dicotómica si/no lluvia mientras que 30mm se consideró para estudiar los eventos de lluvia más intensos, al igual que en Aldeco y otros (2022) y Castro y otros (2024). La consideración de umbrales más elevados conllevaría a tener menor cantidad de casos en la muestra a verificar.

3. RESULTADOS

En esta sección se presentan los resultados de la verificación de precipitación acumulada semanal del GEFS para los valores calibrados y sin calibrar para las semanas 1 y 2 en el periodo completo comprendido entre el 01 de diciembre 2020 al 31 de agosto de 2023 y en las temporadas cálidas y frías.

3.1 Todo el periodo

En la Figura 1 se pueden ver los valores medios de precipitación observada acumulada en el periodo de verificación y para la temporada cálida y fría. Se puede ver en el periodo completo que los máximos valores quedan restringidos al extremo NE del país sobre Misiones y este de Formosa, mientras que, en la temporada cálida los máximos se encuentran desplazados hacia el oeste. Para la temporada fría, hay un máximo sobre el este de Misiones y se destaca una zona de máximos sobre la cordillera de la Patagonia. Estos resultados, si bien no concuerdan completamente con la climatología, es posible que la precipitación acumulada en ese período haya sido modulada en gran parte por el fenómeno del Niño en su fase fría, el cual favoreció precipitaciones deficitarias en gran parte del país (Skansi y otros 2021, Skansi y otros 2022).

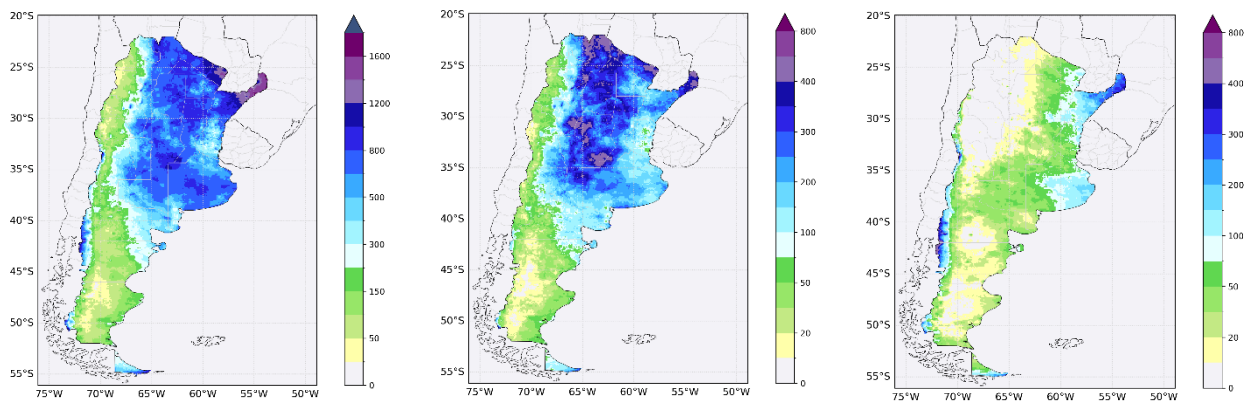


Figura 1: Mapas de precipitación media anual de SQPE para el período completo (izq.), para la temporada cálida (centro) y para la temporada fría (der.).

La Figura 2 muestra las funciones de distribución de probabilidad volumétrica de precipitación (PDF) para las semanas 1 y 2 para cada uno de los miembros del ensamble calibrados y sin calibrar, y las medias correspondientes. Dichas curvas indican el porcentaje de la precipitación total explicado en cada intervalo de lluvia (volumen relativo de precipitación) mientras las barras grises muestran la distribución de precipitación observada. Se puede ver que para la semana 1 las distribuciones de precipitación de los miembros calibrados presentan mayor correspondencia con la distribución observada, mientras que las curvas de precipitación volumétrica sin calibrar quedan desplazadas hacia las tasas más bajas. Para la semana 2, tanto el pronóstico calibrado como sin calibrar capturan mejor la forma de la distribución observada. Esto no se observa si se considera la media del ensamble, ya que la mayor incertidumbre de este plazo se traduce en una mayor cantidad de miembros que pronostican precipitaciones cercanas a cero reduciendo así el valor de la media pronosticada, y corriendo el máximo de la distribución hacia tasas más bajas. Esto evidencia las limitaciones de verificar la precipitación pronosticada por un ensamble a partir de su media.

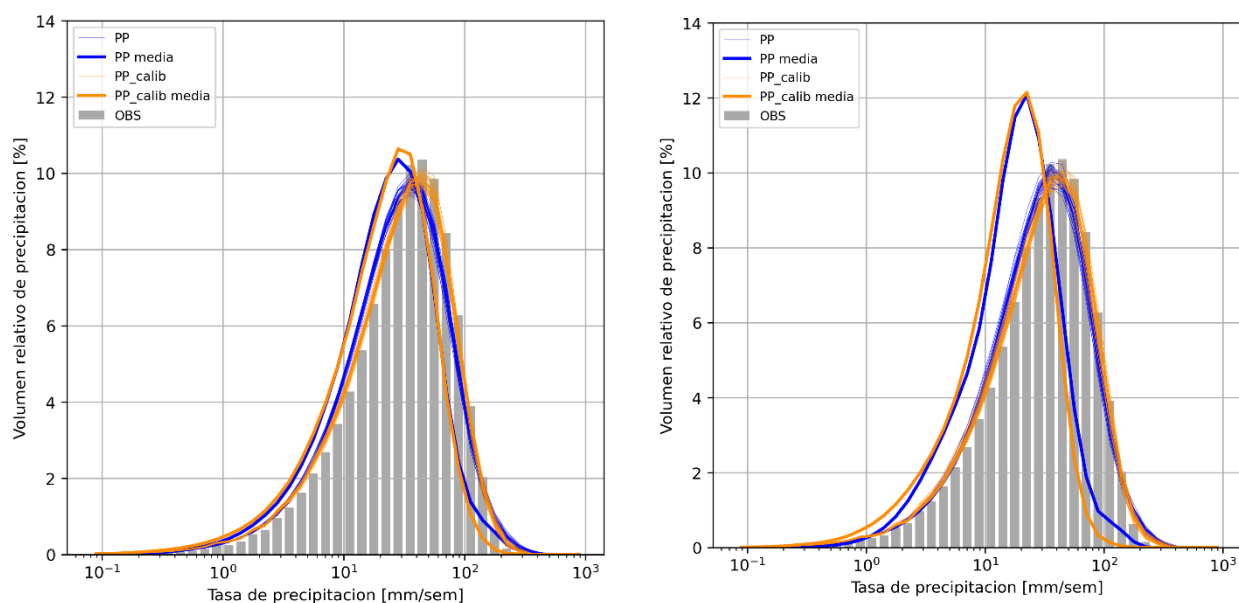


Figura 2: PDF volumétrica de las medias del ensemble (líneas gruesas) y los miembros (líneas finas) de los pronósticos de precipitación semanal para la semana 1 (izq.) y semana 2 (der.) y la distribución del volumen de precipitación de las observaciones (barras grises).

Considerando las medias del ensemble (Figura 3), se puede ver que los máximos de precipitación semanal promediados en el periodo completo se ubican en el extremo NE llegando a aproximadamente 35 mm/sem y sobre la cordillera desde 35°S hacia el S los valores superan los 40mm/sem en línea con la climatología mostrada en la Figura 1. Sobre el sector E del NOA también se ve un máximo relativo que responde al efecto de la topografía de la cordillera oriental. Considerando los campos calibrados se puede ver una clara disminución de la precipitación media en la región cordillerana, especialmente en los máximos sobre la Patagonia y en la región del NOA. En cuanto al spread, se ve que, como es de esperar, la semana 2 presenta valores más altos que la semana 1. Además, la calibración aumenta levemente la magnitud del mismo en el centro-este del país.

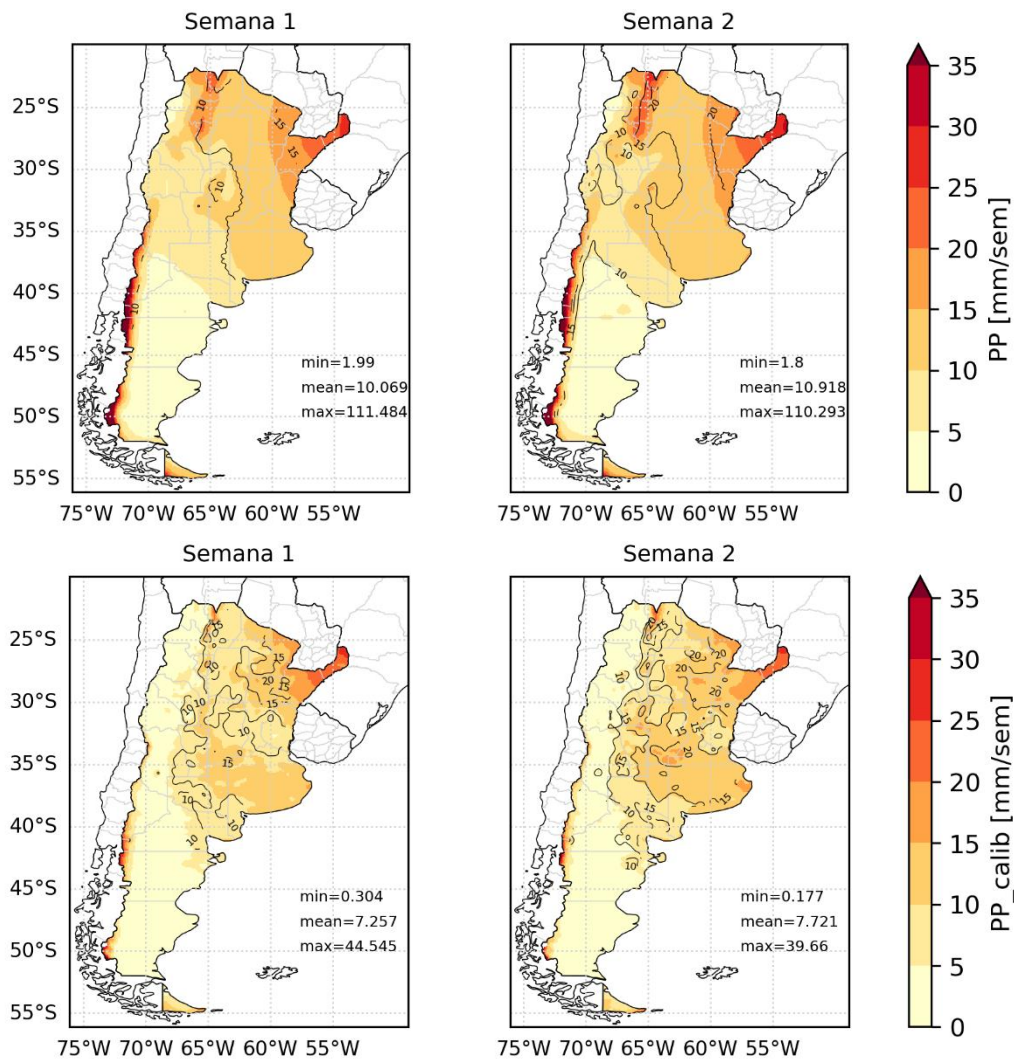


Figura 3: Campos de precipitación media (somb.) y spread (contornos) para los pronósticos sin calibrar (sup.) y calibrados (inf.) de las semanas 1 y 2. Los valores min, mean y máx. hacen referencia al mínimo, promedio y máximo de la precipitación media respectivamente.

En la Figura 4 se muestra el diagrama de dispersión del spread respecto del RMSE de la media del ensamble con el fin de evaluar la representación de la incertidumbre. En este sentido, la magnitud del spread debería ser similar a la de los errores del pronóstico. Se puede ver que para ambas semanas de pronóstico la calibración reduce sustancialmente el RMSE, lo que se traduce en una correlación mayor entre estas dos variables que para los pronósticos sin calibrar. Los valores más extremos de RMSE (mayor a 50 mm/sem) presentes en el pronóstico sin calibrar se corresponden con los máximos de precipitación media que se restringen al oeste de la cordillera patagónica (Figura 3) y que al ser un error muy claro (Figura no mostrada) la calibración logra corregir de manera satisfactoria. En particular, la precipitación calibrada de la semana 2 presenta un spread mayor que para la semana 1 a diferencia del valor de RMSE que no tiene una clara diferencia.

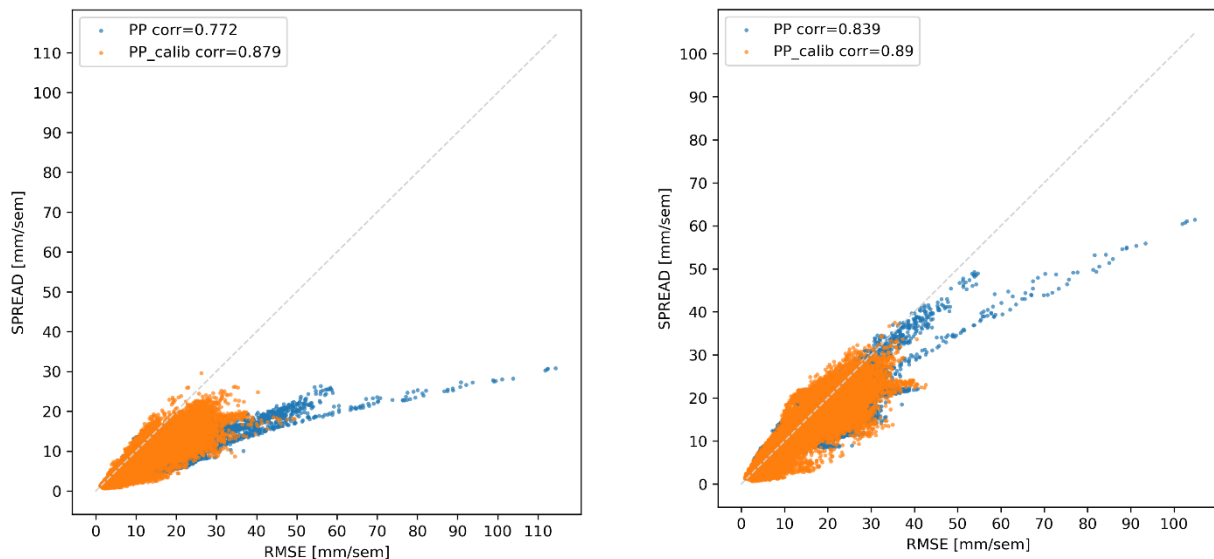


Figura 4: Diagrama de dispersión que muestra la relación entre el RMSE (respecto de la media del ensamble) y el spread del ensamble sin calibrar (azul) y calibrado (naranja) para el período completo para la semana 1 (izq.) y semana 2 (der.). En la leyenda se incluye el valor del coeficiente de correlación entre ambas variables.

Los diagramas de desempeño (Figura 5) muestran los resultados de los estadísticos categóricos para los miembros del ensamble calibrado y sin calibrar. Se ve que para ambas semanas y umbrales los pronósticos sin calibrar en general sobrestiman la cantidad de eventos, comportamiento que es corregido por la calibración, aunque en exceso al presentar un bias de frecuencia menor a 1. Esto se ve reflejado en que las precipitaciones calibradas, si bien tienen menor POD que las sin calibrar, presentan menor cantidad de falsas alarmas. Esta reducción en las falsas alarmas es mayor en la semana 1 para ambos umbrales.

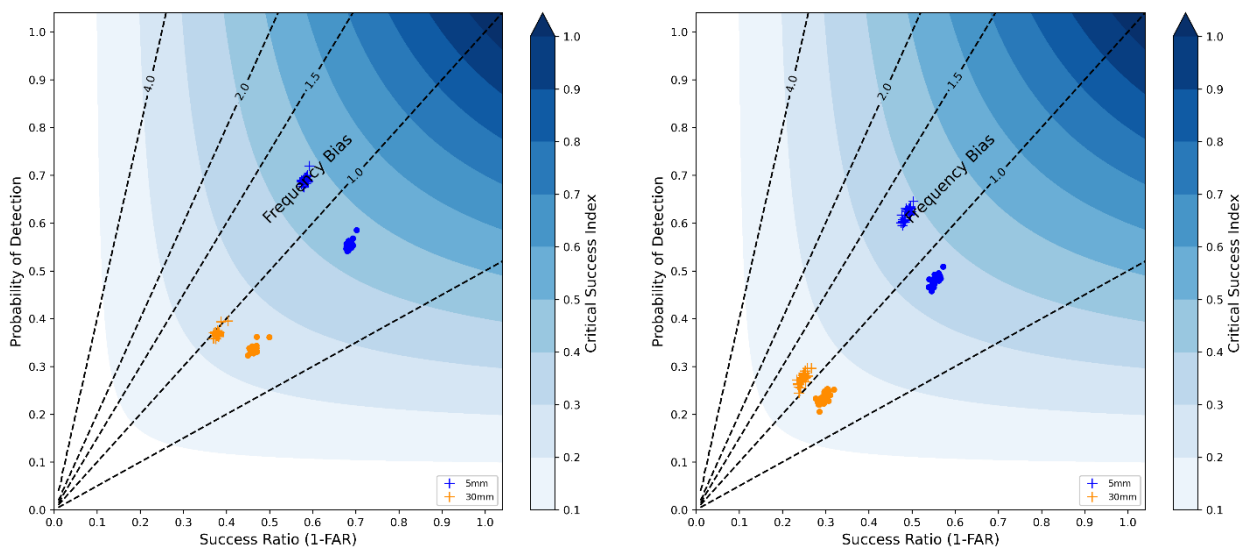
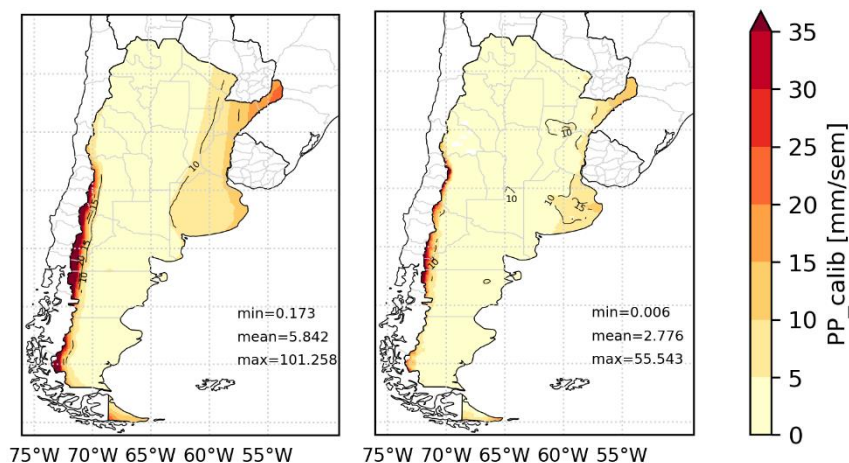


Figura 5: Diagrama de desempeño para semana 1 (izq.) y semana 2 (der.), donde los símbolos “+” indican los miembros de los pronósticos sin calibrar y con “o” los calibrados. En azul se muestra el umbral de 5mm y en naranja el de 30mm.

3.2 Temporada fría y cálida

En esta sección se muestran los resultados del análisis de los pronósticos semanales discriminando por temporada fría y cálida debido a la diferencia del régimen de precipitación entre el invierno y el verano como se muestra en la Figura 1. Por otro lado, se utilizarán solamente los pronósticos relativos a la semana 2. Esto es debido a que, durante este plazo de pronóstico, en concordancia al aumento de la incertidumbre a mayores plazos, es de mayor utilidad conocer los pronósticos de precipitación semanal. Mientras que en el pronóstico operativo en la primera semana de pronóstico se suele utilizar valores horarios o diarios.

En la Figura 6 se muestran los campos medios de precipitación semanal y spread para los pronósticos calibrados y sin calibrar de ambas temporadas. Por un lado, los campos calibrados muestran un patrón similar al de la precipitación media que se muestra en la Figura 1. Asimismo, para la temporada fría se observa una reducción de los valores medios especialmente en la cordillera patagónica. Mientras que para la temporada cálida la disminución se observa en el NOA y las sierras de Córdoba, aunque presenta un leve aumento en parte de la región central. Como se mostró en la Figura 3, para el periodo completo se observó una disminución de la precipitación sobre la cordillera debida a la calibración, lo cual, por lo antes mencionado, no puede ser asociada con una temporada en particular, sino que proviene de un error sistemático presente durante todo el año.



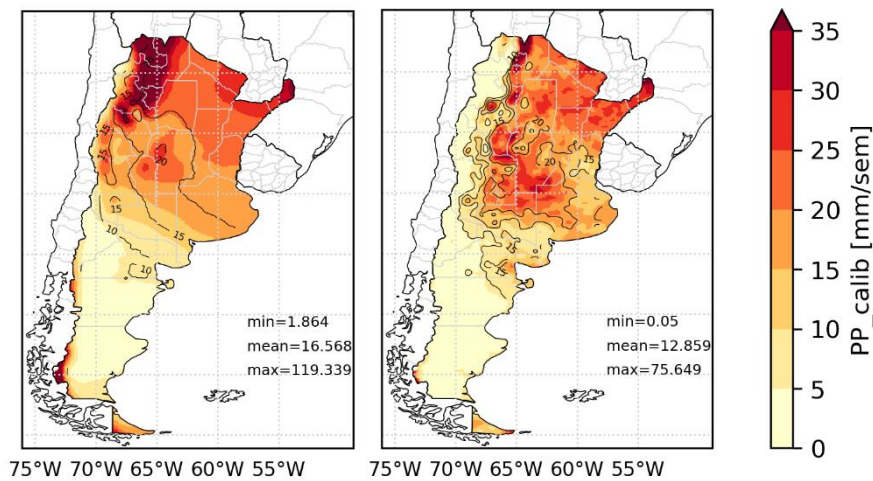


Figura 6: Campos de precipitación media (somb.) y spread (contornos) para los pronósticos sin calibrar (izq.) y calibrados (der.) de la semana 2 para la temporada fría (sup.) y cálida (inf.). Los valores min, mean y max hacen referencia al mínimo, promedio y máximo de la precipitación media respectivamente.

En la Figura 7 se presentan las PDF volumétricas para la semana 2 de pronóstico. Para la temporada fría se destaca la sobrestimación de las tasas de precipitación mayores a 100 mm/sem para el pronóstico sin calibrar, lo cual es corregido satisfactoriamente por la calibración. Asimismo, los miembros calibrados muestran una leve sobrestimación de las tasas bajas. Las distribuciones de ambos pronósticos, sin embargo, no logran representar correctamente el máximo de la distribución observada. En cambio, para la temporada cálida se puede ver que existe una mayor correspondencia entre las distribuciones pronosticadas y la observada. En ambos casos, al igual que como se observó para el período completo, el uso de la media puede dar una visión incompleta del desempeño del ensamble.

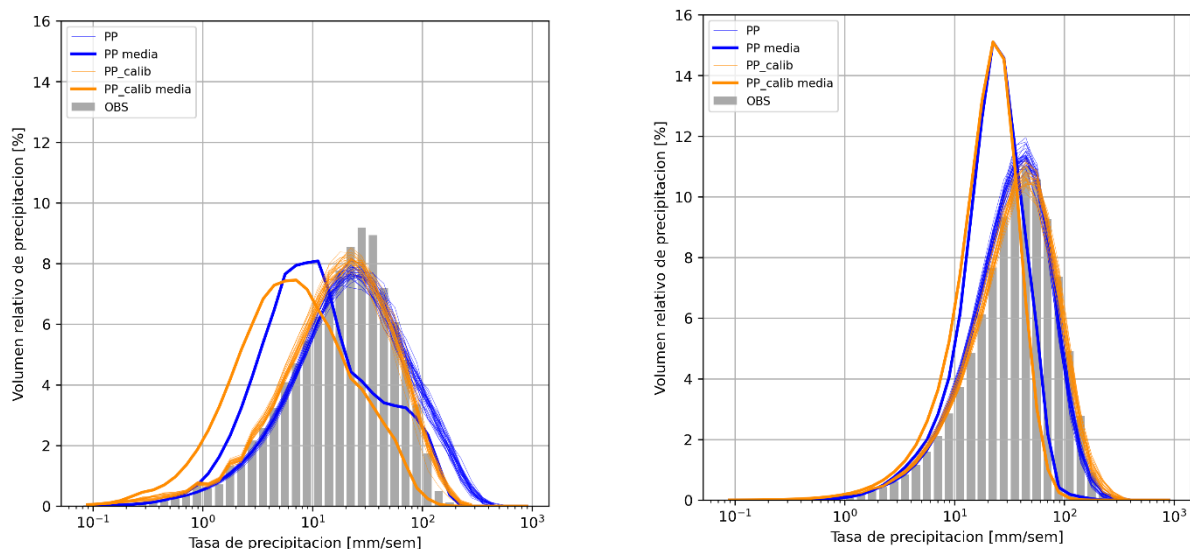


Figura 7: PDF volumétrica de las medias del ensamble (líneas gruesas) y los miembros (líneas finas) de los pronósticos de precipitación de la semana 2 para la temporada fría (izq.) y cálida (der.) y la distribución del volumen de precipitación de las observaciones (barras grises).

Por último, se analizan los diagramas de desempeño para ambas temporadas (Figura 8). Se puede ver un comportamiento similar al del período completo especialmente para la temporada cálida debido a la mayor cantidad de eventos que superan ambos umbrales. Sin embargo, la temporada cálida muestra un desempeño superior al de la temporada fría.

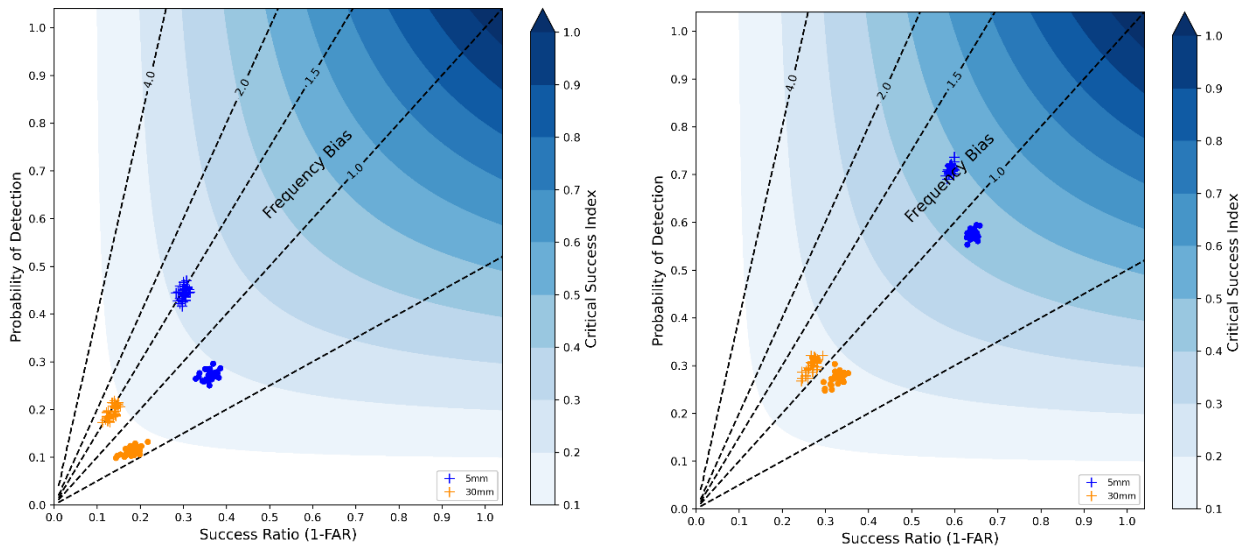


Figura 8: Diagrama de desempeño para la semana 2 de la temporada fría (izq.) y cálida (der.), donde los símbolos “+” indican los miembros de los pronósticos sin calibrar y con “o” los calibrados. En azul se muestra el umbral de 5mm y en naranja el de 30mm.

4. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se presentó la aplicación de la metodología Empirical Quantile Mapping (EQM) a los pronósticos de precipitación semanal del ensamble del modelo GFS entre diciembre de 2020 y agosto de 2023. Se pudo ver que los pronósticos calibrados presentan una mejor concordancia con la estimación satelital de precipitación corregida con observaciones de superficie (SQPE). Este comportamiento se obtuvo tanto al considerar el período completo de análisis como las temporadas fría y cálida, aunque para esta última los estadísticos analizados indican una mejor predictibilidad. Asimismo, comparando las semanas 1 y 2 de pronóstico, se pudo ver que en la semana 2 la dispersión del ensamble logra una mejor representación de la incertidumbre.

Si bien se obtuvieron buenos resultados, la cantidad de datos empleados para realizar la verificación es muy poca, especialmente al considerar la división por temporadas, y las particularidades de los años utilizados pueden influir fuertemente. Por este motivo, se propone ampliar el periodo de verificación, para poder contar con más datos y así obtener un resultado más robusto. Sin embargo, los resultados son alentadores lo cual permite contar con mejores herramientas aplicadas al desarrollo de productos destinado a diferentes sectores, como la perspectiva a 2 semanas de la precipitación para el sector de gestión del riesgo.

ANEXO: Métricas de verificación

Media del ensamble

$$\bar{P} = \frac{\sum_i^M p_i}{M}$$

donde M es la cantidad de miembros del ensamble y P los pronósticos.

Es una medida afectada por los valores extremos. No representa a ninguno de los miembros del ensamble.

Spread medio del ensamble

$$SPREAD = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N \sum_{i=1}^M (P_{k,i} - \bar{P}_k)^2}$$

donde M es la cantidad de miembros del ensamble, P_i representa la media del ensamble, $P_{k,i}$ es el i -ésimo miembro con $i \in \{1, \dots, M\}$ y N representa la cantidad de valores de la muestra, por ejemplo, puntos de retícula. Se denomina dispersión media del ensamble (spread) a la medida que indica la variabilidad de los miembros dada por la distancia media de los miembros al valor de la media del ensamble. Cabe mencionar que la magnitud del spread queda sujeta a los valores medios de la variable. Se utiliza en comparación con el RMSE computado con la media del ensamble para medir la incertidumbre del conjunto (Fortín, 2014).

Matriz de contingencia:

		Observado	
Pronosticado	SI	NO	Total
SI	Aciertos (A)	Falsas Alarmas (F)	Pronosticado si
NO	Sorpresas (S)	Correctos Neg (N)	Pronosticado no
Total	Observado si	Observado no	Total

Las categorías de la matriz de contingencia se computan con relación a valores umbrales determinados para cada variable. Por ejemplo, si se considera 1 mm como valor umbral para la precipitación, entonces si los valores pronosticado y observado son mayores a 1 mm, se considera acierto sin importar cuánta diferencia existe entre los valores de la precipitación.

Estadísticos categóricos

BIAS SCORE o Frequency BIAS (FBIAS) Indica la relación entre la frecuencia de eventos pronosticados y eventos observados. $0 \leq \text{FBIAS} \leq \infty$; valor óptimo = 1. Valores negativos indican que el modelo subestima, valores positivos indican que el modelo sobreestima.	$\text{FBIAS} = A + FA + S$
CSI (critical success index, también llamado Threat score, TS) indica la fracción de eventos de precipitación correctamente pronosticados. No considera los eventos correctos negativos. CSI perfecto=1, sin relación CSI=0	$\text{CSI} = AA + S + F$
POD (probability of detection) Indica la fracción de los eventos observados que se pronosticaron correctamente $0 \leq \text{POD} \leq 1$; valor óptimo = 1	$\text{POD} = AA + S$
FAR (false alarm ratio) Indica la fracción de los eventos pronosticados que no se observaron $0 \leq \text{FAR} \leq 1$; valor óptimo = 0	$\text{FAR} = FA + F$

Estadísticos continuos En las siguientes ecuaciones, P son los pronósticos, O las observaciones, el guión representa los valores medios, y N el total de puntos considerado en el análisis.	
BIAS Sesgo entre el valor pronosticado y observado. Representa el error sistemático. Este índice varía entre menos infinito e infinito $(-\infty; \infty)$, si el valor es mayor a 0 ($\text{BIAS} \geq 0$) indica que el modelo numérico sobrestima. Si el valor es menor a 0 ($\text{BIAS} \leq 0$) indica que subestima. El valor igual a 0 indicaría que la observación es igual al valor pronosticado para esa variable.	$\text{BIAS} = \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)}{N}$

RMSE (root mean square error) Medida de las diferencias cuadráticas del valor medio de los errores de los pronósticos. En el caso del ensamble, se computa utilizando la media del ensamble o los miembros en forma individual. Su valor varía entre cero e infinito ($0;\infty$).	$RMSE = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{N}}$
Coeficiente de correlación lineal de Pearson Representa el grado de asociación lineal entre pronósticos y observaciones. Su valor varía entre cero y uno $[0;1]$, donde 0 indica que no existe relación lineal entre las variables y 1 que la relación entre ellas es perfectamente lineal.	$r = \frac{\sum_{i=1}^N (P_i - \bar{P})(O_i - \bar{O})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (P_i - \bar{P})^2} \sqrt{\sum_{i=1}^N (O_i - \bar{O})^2}}$

Distribución de probabilidad volumétrica (PDF) de precipitación

Las distribuciones de probabilidad del volumen de precipitación (Amitai y otros, 2012), subdividen la tasa de precipitación diaria en intervalos en escala dBR, y consideran la contribución relativa de los mismos al volumen total de precipitación. Se definen como la suma de las tasas de precipitación para un dado intervalo en escala dBR ($dBR=10\log(R/1\text{mmdía}^{-1})$; $[R]=[mmdía^{-1}]$) dividido por la suma total de las tasas de precipitación. La ventaja respecto a las PDFs de ocurrencia es que son menos sensibles a las limitaciones en la detección de precipitación débil (asociada a una pequeña fracción de la precipitación total). En la leyenda de las figuras, se incluye la relación entre la precipitación total pronosticada y observada sobre la región y período analizado. Estas figuras se muestran para la PPacum24h pronosticada con el ciclo 06Z y válida para el día 0 y día+1 a las 12Z.

Diagrama de desempeño

El diagrama de desempeño constituye una forma geométrica de mostrar la relación entre las medidas de verificación categóricas: la probabilidad de detección (Probability of Detection, eje y en el diagrama), la tasa de falsas alarmas (FAR, de sus siglas en inglés) o su opuesto la tasa de éxito (Success Ratio = $1-FAR$, eje x en el diagrama), el Frequency Bias (líneas punteadas) y el índice crítico de éxito (Critical Success index, valores sombreados en el diagrama). Más detalles sobre la construcción de este diagrama pueden encontrarse en Roebber (2009).

Un buen desempeño de los pronósticos se refleja en valores de POD, SR, FBIAS y CSI cercanos a 1, por lo que un pronóstico perfecto se encontrará en la esquina superior derecha del diagrama. Las desviaciones en alguna dirección indican diferencias relativas entre POD y SR y consecuentemente entre FBIAS y CSI. La ventaja de este diagrama es que las diferencias en el desempeño quedan visibles en forma inmediata.

5. REFERENCIAS

- Aldeco, L. S., J. J. Ruiz, A. C. Saulo y R. de Elía, 2022: Calibración de los pronósticos semanales de precipitación y temperatura media operativos en el Servicio Meteorológico Nacional. Congremet 2022.
- Amitai, E., Petersen, W., Lloret, X. y Vasiloff, S., 2012. Multiplatform comparisons of rain intensity for extreme precipitation events. *IEEE Trans. Geosci. Remote Sens.* 50 (3), 675–686. <http://dx.doi.org/10.1109/TGRS.2011.2162737>.
- Castro, L., y A. Godoy, 2024: Estudio del desempeño del modelo subestacional GFS para pronosticar precipitación a dos semanas. Nota Técnica SMN 2024-168.
- Fan, Y., y H. van den Dool, 2011: Bias Correction and Forecast Skill of NCEP GFS Ensemble Week-1 and Week-2 Precipitation, 2-m Surface Air Temperature, and Soil Moisture Forecasts. *Wea. Forecasting*, 26, 355–370.
- Fortin, V., M. Abaza, F. Anctil y R. Turcotte, 2014: Why should Ensemble Spread Match the RMSE of the Ensemble mean? *J. Hydrometeorol.* 15, 1708–1713. DOI: <https://doi.org/10.1175/JHM-D-14-0008.1>
- Godoy A. y F. Cutraro, 2024: Evaluación de pronósticos numéricos calibrados subestacionales de la temperatura mínima y máxima. Nota Técnica SMN 2024-159
- Gudmundsson L., J. B. Bremnes, J. E. Haugen y E. T. Skaugen, 2012: Technical Note: Downscaling RCM precipitation to the station scale using quantile mapping—a comparison of methods. *Hydrol Earth Syst Sci Discuss* 9:6185–6201.
- Hobouchian, M. P., G. Díaz, L. Vidal, Y. García Skabar, L. Ferreira, M. Maas, M. S. Rossi Lopardo, H. Veiga y M. Rugna, 2021: Ajuste de la estimación de precipitación satelital IMERG con observaciones pluviométricas en Argentina. Nota Técnica SMN 2021-105.
- Mariotti, A., C. Baggett, E. A. Barnes, E. Becker, A. Butler, D. C. Collins, P. A. Dirmeyer, L. Ferranti, N. C. Johnson, J. Jones, B. P. Kirtman, A. L. Lang, A. Molod, M. Newman, A. W. Robertson, S. Schubert, D. E. Waliser y J. Albers, 2020: Windows of Opportunity for Skillful Forecasts Subseasonal to Seasonal and Beyond. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 101(5), E608-E625. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-18-0326.1>
- Righetti, S., F. Cutraro, Y. García Skabar y M. Sacco, 2024: Calibración de los pronósticos de precipitación acumulada diaria. Nota Técnica SMN 2024-164.
- Roebber, P.J., 2009: Visualizing multiple measures of forecast quality. *Wea. Forecasting*, 24, 601-608.
- Skansi, M. M., N. Garay, L. S. Aldeco, S. Cherkasova, D. A. Domínguez, N. Herrera, J. L. Stella, H. Veiga, 2021: Boletín Climatológico - Anual 2022 - Volumen XXXIV

Skansi, M. M., N. Garay, L. S. Aldeco, S. Cherkasova, D. A. Domínguez, N. Herrera, J. L. Stella, H. Veiga, 2021: Boletín Climatológico - Anual 2021 - Volumen XXXIII

White, C.J., H. Carlsen, A.W. Robertson, R.J.T. Klein, J.K. Lazo, A. Kumar, F. Vitart, E. Coughlan de Perez, A.J. Ray, V. Murray, S. Bharwani, D. MacLeod, R. James, L. Fleming, A.P. Morse, B. Eggen, R. Graham, E. Kjellström, E. Becker, K.V. Pegion, N.J. Holbrook, D. McEvoy, M. Depledge, S. Perkins-Kirkpatrick, T.J. Brown, R. Street, L. Jones, T.A. Remenyi, I. Hodgson-Johnston, C. Buontempo, R. Lamb, H. Meinke, B. Arheimer, and S.E. Zebiak, 2017: Potential applications of subseasonal-to-seasonal (S2S) predictions. Met. Apps, 24: 315-325. <https://doi.org/10.1002/met.1654>

Instrucciones para publicar Notas Técnicas

En el SMN existieron y existen una importante cantidad de publicaciones periódicas dedicadas a informar a usuarios distintos aspectos de las actividades del servicio, en general asociados con observaciones o pronósticos meteorológicos.

Existe no obstante abundante material escrito de carácter técnico que no tiene un vehículo de comunicación adecuado ya que no se acomoda a las publicaciones arriba mencionadas ni es apropiado para revistas científicas. Este material, sin embargo, es fundamental para plasmar las actividades y desarrollos de la institución y que esta dé cuenta de su producción técnica. Es importante que las actividades de la institución puedan ser comprendidas con solo acercarse a sus diferentes publicaciones y la longitud de los documentos no debe ser un limitante.

Los interesados en transformar sus trabajos en Notas Técnicas pueden comunicarse con Ramón de Elía (rdelia@smn.gov.ar), Luciano Vidal (lvidal@smn.gov.ar) o Martin Rugna (mrugna@smn.gov.ar) de la Dirección Nacional de Ciencia e Innovación en Productos y Servicios, para obtener la plantilla WORD que sirve de modelo para la escritura de la Nota Técnica. Una vez armado el documento deben enviarlo en formato PDF a los correos antes mencionados. Antes del envío final los autores deben informarse del número de serie que le corresponde a su trabajo e incluirlo en la portada.

La versión digital de la Nota Técnica quedará publicada en el Repositorio Digital del Servicio Meteorológico Nacional. Cualquier consulta o duda al respecto, comunicarse con Melisa Acevedo (macevedo@smn.gov.ar).