

VERIFICACIÓN DE LOS PRONÓSTICOS SEMANALES DE TEMPERATURA MEDIA GENERADOS CON LA TÉCNICA DE REGRESIÓN POR ANÁLOGOS

Laura S. Aldeco^{1,2}, Ramón de Elía¹, Juan J. Ruiz^{3,4}
aldeco@smn.gob.ar

¹ *Servicio Meteorológico Nacional.*

² *Universidad Nacional de La Plata. Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas*

³ *Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, FCEyN, UBA.*

⁴ *Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera, CONICET/FCEyN-UBA*

Palabras clave: Pronóstico semanal, Calibración, Verificación

1) INTRODUCCIÓN

Los pronósticos semanales son de gran valor socioeconómico para sectores como la agricultura y la energía, lo que impulsó a los centros climáticos globales y a los servicios meteorológicos a desarrollarlos en respuesta a sus necesidades, generando pronósticos en plazos de 4 semanas o más. Pero como el desempeño de los modelos numéricos disminuye a medida que aumenta el plazo de pronóstico, el uso de ensambles es la mejor manera de trabajar con pronósticos en estos plazos (Kalnay, 2003). Sin embargo, las salidas en crudo de los modelos numéricos por ensamble también presentan errores debidos a la presencia de imperfecciones en los modelos, ya que los métodos de pronósticos por ensambles actuales no son capaces de representar adecuadamente la presencia, evolución e interacción de las diferentes fuentes de incertidumbre dentro del pronóstico. Una forma de abordar esta problemática es mediante métodos de calibración basados en un post-procesamiento estadístico que incorpora dichas fuentes de incertidumbre a posteriori. Este post-procesamiento estadístico se utiliza de manera cada vez más extendida en los servicios meteorológicos del mundo con el fin de reducir los errores sistemáticos provenientes de los modelos (Vannitsem y otros, 2021). Sobre nuestra región, estudios de estas características fueron realizados por Righetti y otros (2024), entre otros, quienes aplicaron diferentes técnicas de calibración a pronósticos diarios de temperatura y precipitación, logrando así mejorar la calidad de los mismos. Por otro lado, en la escala semanal, Aldeco y otros (2022) calibraron pronósticos semanales de precipitación y Godoy y Cutraro (2024) calibraron temperaturas máxima y mínima en plazos de hasta 2 semanas, obteniendo una notable mejora en el desempeño de los pronósticos. Para que una calibración sea robusta, es necesario tener una buena estadística de los errores sistemáticos, lo cual requiere un historial extenso de pronósticos, como los pronósticos retrospectivos (Hamill y otros, 2006). Tanto en Aldeco (2011) como en Ruiz y otros (2018) se documentó la ventaja que representa utilizar pronósticos calibrados con la técnica de regresión por análogos respecto de utilizar las salidas de pronósticos sin calibrar. El objetivo de este trabajo es verificar los pronósticos de temperatura media operativos en el Servicio Meteorológico Nacional (SMN), generados mediante la técnica de regresión por análogos, y analizar su desempeño en el período 2021-2024.

2) DATOS Y METODOLOGÍA

Para la aplicación de la técnica de análogos se utilizaron una base de datos de pronósticos retrospectivos y una base de datos observados en estaciones meteorológicas del SMN y del INTA (Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria). Los pronósticos retrospectivos utilizados corresponden al GEFS (Global Ensemble Forecast System) versión 12 del Centro Nacional de Predicciones Ambientales (NCEP) de EE.UU., (<https://noaa-gefs->

retrospective.s3.amazonaws.com/index.html). Los mismos cuentan con un ensamble de 5 miembros, una resolución espacial horizontal de $0.5^\circ \times 0.5^\circ$, 25 niveles verticales y son inicializados una vez al día a las 00Z. Por otro lado, los datos observados utilizados son de temperatura media semanal para 125 estaciones meteorológicas. La semana 1 de pronóstico se cuenta como el promedio semanal de los días 1 al 7 de plazo, mientras que para la semana 2 se utilizan los días 8 al 14. La longitud de la base de datos de pronósticos retrospectivos y de observaciones es de 20 años, en el período 2000-2019. Una ventaja de utilizar la técnica de regresión por análogos es que calibra los pronósticos a medida que los va generando (Aldeco, 2011).

Para verificar los pronósticos de temperatura media semanal se calculó, por un lado, el coeficiente de correlación de Pearson de anomalías, o CORA por sus siglas en inglés, y por otro la Raíz del Error Cuadrático Medio o RMSE por sus siglas en inglés. CORA correlaciona las anomalías pronosticadas por la técnica de análogos con las anomalías observadas, brindando una medida de la asociación lineal entre los pronósticos y las observaciones. Una de sus ventajas es que se remueve el ciclo estacional tanto de pronósticos como de observaciones al restar sus respectivas medias climatológicas, y su uso se encuentra bastante extendido en estudios de verificaciones de pronósticos semanales, tanto de precipitación, como de temperatura (Coelho y otros, 2018, entre otros). El RSME se calculó también para los pronósticos sin calibrar, es decir las salidas del modelo en crudo previo a la aplicación de la regresión por análogos. Un pronóstico con buen desempeño debería tener RMSE bajos y correlaciones altas.

3) RESULTADOS

En la Figura 1 se presentan los mapas de correlación de anomalías de las semanas 1 y 2 del pronóstico realizado con la regresión por análogos, en el período febrero 2021-diciembre 2024. De acuerdo a los resultados, las correlaciones entre anomalías pronosticadas y anomalías observadas de temperatura media son mayores en la semana 1 de pronóstico respecto de la semana 2, en todas las estaciones utilizadas, lo cual es consistente con lo hallado en trabajos previos. La mayoría de los valores de CORA en la semana 1 oscilan entre 0.7 y 0.9, mientras que en la semana 2 estas correlaciones se encuentran entre 0.3 y 0.7. En ambas semanas de pronóstico se observan las máximas correlaciones en el noreste del país: Misiones, Corrientes y este de Chaco y de Formosa. Álvarez y otros (2014) estudiaron esta región y encontraron que un buen porcentaje de la variabilidad es explicada por oscilaciones en la escala subestacional. Las menores correlaciones se observan en las estaciones del oeste y noreste de la Patagonia con valores inferiores a 0.4 en la mayoría de las estaciones en la semana 2.

En la Figura 2 se muestra el RMSE de la temperatura media para la semana 2, en el período febrero 2021- diciembre 2024, tanto para el pronóstico sin calibrar como para el pronóstico calibrado con la regresión por análogos. El RMSE del pronóstico calibrado disminuye respecto del no calibrado, tanto en la semana 1 (no mostrado) como en la semana 2 de pronóstico. En la

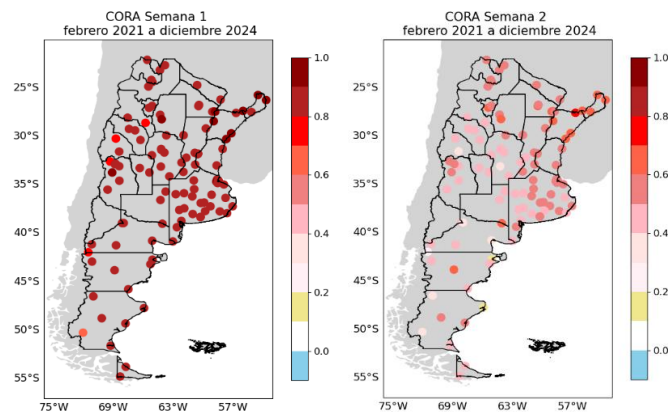


Figura 1: Correlación de anomalías (CORA) para los pronósticos de temperatura media generados con la técnica de regresión por análogos de la semana 1 (izquierda) y de la semana 2 (derecha) desde febrero 2021 hasta diciembre 2024.

semana 2 los errores son mayores respecto de la semana 1, pero aun así se obtiene una disminución de los RMSE luego de la calibración. En el pronóstico calibrado, se observa en la región central del país (Buenos Aires y este de La Pampa) una amplia zona con menores RMSE, que corresponde a correlaciones entre 0.4 y 0.6, indicando un mejor desempeño de los pronósticos en dichas regiones. En la Patagonia se observan menores RMSE pero allí las correlaciones son inferiores a 0.4.

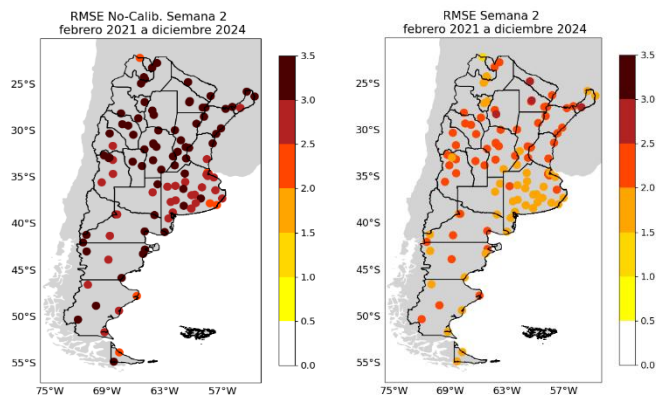


Figura 2: Error Cuadrático Medio (RMSE) para los pronósticos de temperatura media de la semana 2 del pronóstico sin calibrar (izquierda) y del pronóstico de regresión por análogos (derecha) desde febrero 2021 hasta diciembre 2024.

4) CONCLUSIONES

Los resultados muestran que hay alta correlación entre anomalías pronosticadas y observadas, siendo menores en la semana 2 de pronóstico, aunque se mantienen superiores a 0.4 en la mayoría de las estaciones en este plazo. Para ambas semanas, las mayores correlaciones se encuentran en el noreste del país. Por otro lado, los campos de RMSE muestran una clara disminución de los errores luego de la calibración. En ambas semanas de pronóstico, los pronósticos calibrados con la técnica de regresión por análogos logran disminuir los errores de los pronósticos sin calibrar, obteniendo pronósticos de temperatura media de mejor desempeño.

5) REFERENCIAS

- Aldeco, L., 2011:** Aplicación de la técnica de análogos a la generación de pronósticos probabilísticos de precipitación sobre algunas estaciones de la Argentina. Tesis de Licenciatura del Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos, FCEyN, Universidad de Buenos Aires.
- Aldeco, L., De Elía, R., Ruiz J., 2022:** Pronósticos semanales calibrados de precipitación y temperatura media operativos en el Servicio Meteorológico Nacional. Actas del XIV Congreso Argentino de Meteorología.
- Álvarez, M.S., Vera, C.S., Kiladis, G.N., Liebmann, B., 2014:** Intraseasonal variability in South America during the cold season *Climate Dynamics*. 42 (11-12):3253-3269
- Coelho, C. A., Firpo, M. A., & de Andrade, F. M., 2018:** A verification framework for South American subseasonal precipitation predictions. *Meteorologische Zeitschrift*, 27(6), 503-520.
- Godoy, A. A., F. Cutraro, 2024:** Evaluación de pronósticos numéricos calibrados de la temperatura semanal. Nota Técnica SMN 2024-159.
- Hamill, T., Whitaker, J. y Mullen, S., 2006:** Reforecasts. An important data set for improving weather predictions. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 33-46.
- Kalnay, E., 2003:** Atmospheric Modeling, Data Assimilation and Predictability. Cambridge University Press, 341 pp.
- Righetti, S., F. Cutraro, Y. García Skabar y M. Sacco, 2024:** Calibración de los pronósticos de precipitación acumulada diaria. Nota Técnica SMN 2024-164.
- Ruiz, J., Aldeco L., Diehl A., García Skabar Y., Matsudo C., Osman M., Pelorosso L., Saulo C., Vera C., 2018:** Capítulo 37: Aplicaciones en Argentina. Física del caos en la predicción meteorológica. <http://dx.doi.org/10.31978/014-18-009-X.37>
- Vannitsem, S., and Coauthors, 2021:** Statistical Postprocessing for Weather Forecasts: Review, Challenges, and Avenues in a Big Data World. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 102, E681–E699. <https://doi.org/10.1175/BAMSD-19-0308.1>