

DESARROLLO DE UN MODELO DE PREDICCIÓN SUBESTACIONAL DE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN EN LA REGIÓN SUR DE URUGUAY

Nicolás Díaz¹, Marcelo Barreiro¹, Madeleine Renom¹, Camila de Mello¹

nicolas.diaz@fcien.edu.uy. Autor/a correspondiente.

¹Departamento de Ciencias de la Atmósfera y Física de los océanos, Facultad de Ciencias (UDELAR)

Palabras clave: Pronósticos subestacionales, Análogos de Circulación, Generador estocástico del Tiempo.

1) INTRODUCCIÓN

Diferentes actividades humanas requieren de información meteorológica para las próximas semanas. El comportamiento caótico de la atmósfera es conocido, y la incertidumbre en la predicción del tiempo aumenta de forma tal que los pronósticos meteorológicos brindan información hasta los 7-10 primeros días. Asimismo, las predicciones estacionales que proveen información sobre las anomalías esperadas para un trimestre, no permiten planear en horizontes de 2 a 4 semanas, comprendidas dentro de la escala subestacional (10 a 90 días). Hasta hace poco esta escala era considerada un desierto de predictibilidad. No obstante, en las últimas décadas se ha reconocido la relevancia que tienen algunos fenómenos con variabilidad intraestacional en proveer predictibilidad al clima; e.g.: la Oscilación de Madden-Julian (OMJ), los paquetes de ondas de Rossby y los procesos de interacción entre la estratósfera y la tropósfera como los “Sudden Stratospheric Warmings”. Así, las predicciones subestacionales han suscitado un gran interés dentro de la comunidad científica.

En Uruguay existe una importancia creciente en los pronósticos subestacionales debido a la transición en la matriz energética. Actualmente casi el 100% de la energía eléctrica de la matriz uruguaya proviene de fuentes renovables, dependientes de las condiciones del tiempo y del clima. Si bien a nivel nacional se realizan pronósticos del tiempo y climáticos trimestrales de temperatura del aire y precipitación, aún no se realizan pronósticos subestacionales. En este sentido, recientemente el Departamento de Ciencias de la Atmósfera y Física de los Océanos (DCAFO, Facultad de Ciencias) ha investigado dos principales fuentes de predictibilidad subestacional: la OMJ y los paquetes de ondas de Rossby. Respecto a la OMJ, se ha estudiado su predictibilidad (Silini et al 2021, 2022) e impacto sobre las temperaturas y precipitaciones de nuestro país (Barreiro et al 2018; Díaz et al 2020, 2022; Ungerovich et al 2021), indicando un potencial para realizar predicciones subestacionales de temperatura y precipitación en Uruguay.

En este trabajo, presentamos el desarrollo de modelos de pronóstico en la escala subestacional basado en el método de los análogos. Analizamos la habilidad de los modelos en predecir precipitación y temperatura – del aire y del mar – y estudiamos su habilidad condicionada a las fases de El Niño Oscilación Sur (ENOS) y la OMJ. A su vez, estudiamos la dependencia estacional de la habilidad de los modelos desarrollados.

2) METODOLOGÍA

Para el desarrollo de los modelos de pronósticos subestacionales, hacemos uso de un generador estocástico de patrones basado en análogos de circulación (Krouma et al 2021). El modelo se construye considerando el campo medio diario de altura de geopotencial en 500 hPa (Z500) proveniente del reanálisis ERA5 para el período 1979-2023. Para un día dado t se

determina la similitud de Z500 con todos los días t' que están en un año diferente, pero dentro de los 30 días calendario centrados en t . La similitud se cuantifica mediante la distancia euclídea. Los 20 días t' que presentan mayor similitud con t determinan el conjunto de mejores análogos. Para asegurar una similitud en la evolución temporal, se considera una serie de $T=4$ días, y se minimiza la distancia entre $X(t)=(Z500(t), Z500(t+1), \dots, Z500(t+T))$ y $X(t')$. Los pronósticos diarios se realizan mediante reordenamientos aleatorios de los análogos, permitiendo generar un conjunto de ($N =100$) pronósticos para cada día y una predicción probabilística de las variables de interés (temperatura, proveniente del reanálisis ERA5) y precipitación (MSWEP). Finalmente se promedian/acumulan los valores diarios cada 5 días (hasta 45 días) y se evalúa la habilidad del pronóstico en las ventanas temporales definidas.

La capacidad del modelo en pronosticar las variables se testea mediante el *Continuous Ranked probability skill score* (CRPSS, Hersbach 2000) que evalúa la distribución de probabilidad pronosticada con respecto a un pronóstico climatológico de referencia – valores positivos indican una habilidad del modelo superior a la referencia. Teniendo en consideración la influencia de distintos modos climáticos en la región del Sudeste de Sudamérica (SESA), se estudia la habilidad del modelo de pronóstico condicionado a las distintas fases de El Niño Oscilación Sur (ENOS) y de la Oscilación de Madden-Julian. Esto nos permite evaluar la posibilidad de realizar pronósticos de oportunidad con mayor habilidad que el promedio, teniendo como condicionante la ocurrencia de estos modos de variabilidad climática.

3) RESULTADOS Y DISCUSIÓN PRELIMINARES

Con el fin de mostrar la potencialidad del método desarrollado en generar pronósticos con habilidad dentro de la escala subestacional, presentamos a continuación dos ejemplos concretos.

Para la región mostrada en la Fig.1A, se identificaron los 20 mejores análogos de Z500 para cada día en el período 1979-2023. Los resultados muestran estructuras similares en el campo de Z500 para los análogos identificados, así como en las variables a pronosticar. A modo de ejemplo, la Fig.1A muestra el comportamiento espacial de Z500 para el día 15 de abril de 2016 y el de su mejor análogo (Fig. 1C). Adicionalmente las precipitaciones para el día 15 de abril de 2016 y de su mejor análogo se muestran en los paneles B y D de la figura. Se observa cómo patrones semejantes de circulación, dan lugar a patrones semejantes en las precipitaciones, lo cual constituye el elemento esencial para la construcción del pronóstico estocástico.

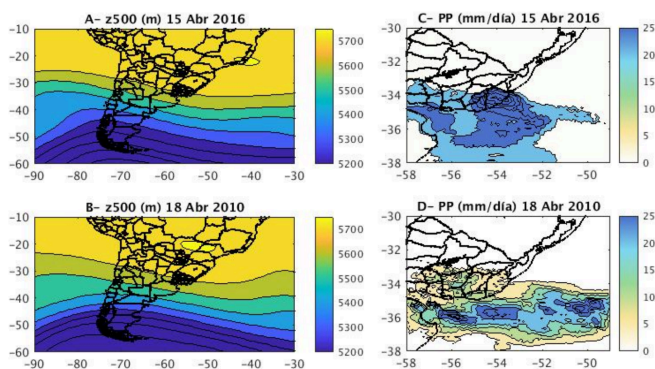


Fig. 1. A- Campo de Z500 [m] para el día 15 de abril de 2016 y de su mejor análogo (C). B y D- precipitaciones [mm/día] sobre Uruguay para las mismas fechas.

En la Fig. 2A, se muestra un ejemplo de región utilizada para pronosticar la temperatura del aire (aT), mientras que en el panel B se muestran los resultados obtenidos para el CRPSS durante el trimestre Diciembre-Enero-Febrero (DEF), condicionado por las fases de ENOS. Los resultados muestran que en una escala de 5-25 días, los modelos presentan habilidad para hacer pronósticos subestacionales en relación a los pronósticos climatológicos, en particular, durante años Niño (verde). La Fig. 2C por su parte, muestra los resultados para el DEF de 1982-1983, correspondiente a un año Niño. Como se puede ver en el panel inferior, durante el mes de Diciembre el modelo presenta habilidad incluso hasta una escala de 35 días.

Estos ejemplos ilustran la capacidad del método propuesto para capturar señales relevantes en la escala subestacional, destacando su potencial aplicación operativa en contextos de pronóstico climático.

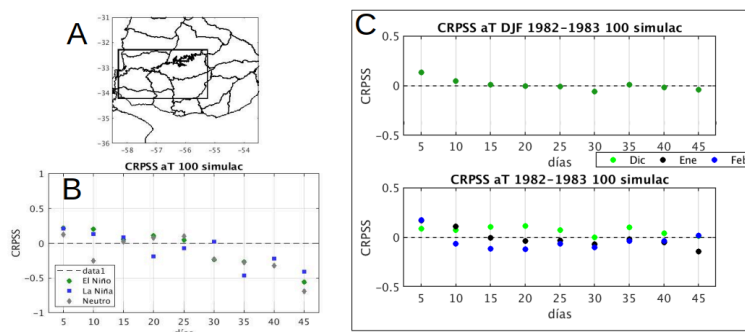


Fig. 2.A- Área utilizada para pronosticar temperatura (rectángulo interno). B- CRPSS según la fase de ENOS para todos los días. C- CRPSS para un evento Niño durante DEF y separado por mes.

REFERENCIAS

- Barreiro M., L. Sitz, S. de Mello, R. Fuentes Franco, M. Renom, R. Farneti, 2018:** Modeling the role of air-sea interaction in the impact of MJO on South American climate *Int. J. Climatology*, doi: 10.1002/joc.5865.
- Barreiro M., F. Arizmendi, R. Trinchín, 2019:** Variabilidad observada del clima en Uruguay. Producto 2 del Proyecto “Fortalecer las capacidades de Uruguay para la adaptación al cambio climático en la zona costera”. <https://www.ambiente.gub.uy/oan/documentos/Producto-2.pdf>
- Barreiro M, F. Arizmendi, N. Diaz, R. Trinchin, 2022:** Análisis del clima y escenarios de cambio y variabilidad climática en Uruguay. <https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/sites/ministerio-ambiente/files/documentos/publicaciones/>
- Diaz N., M. Barreiro, N. Rubido, 2022:** The distinct influence of two Madden-Julian’s trajectory classes on the South American Dipole. *J. Climate* doi.org/10.1175/JCLI-D-21-1001.1.
- Hersbach, H. 2000:** Decomposition of the continuous ranked probability score for ensemble prediction systems, *Weather and Forecasting*, 15, 559–570.
- Krouma M., P. You, C. Deandreis, S. Thao, 2021:** Assessment of stochastic weather forecast of precipitation near European cities, based on analogs of circulation. *Geo. Model. Develop.* <https://doi.org/10.5194/gmd-2021-36>.
- Silini, R., M. Barreiro , C. Masoller, 2021:** Machine learning prediction of the Madden-Julian Oscillation. *Nature Climate and Atmospheric Science* 4, 57.
- Ungerovich, M, M. Barreiro, C. Masoller, 2021:** Influence of Madden–Julian Oscillation on extreme rainfall events in Spring in southern Uruguay. *Int. J. Climatol.*, <https://doi.org/10.1002/joc.7022>.