

# CAMBIOS PROYECTADOS EN LA FRECUENCIA DE EVENTOS DE PRECIPITACIÓN EXTREMA EN EL SUDESTE DE SUDAMÉRICA

Daiana M. Martínez<sup>1,2,3</sup>; Silvina A. Solman<sup>1,2,3</sup>

[daiana.martinez@cima.fcen.uba.ar](mailto:daiana.martinez@cima.fcen.uba.ar)

<sup>1</sup>Universidad de Buenos Aires. Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (DCAO). Buenos Aires, Argentina.

<sup>2</sup>CONICET-Universidad de Buenos Aires. Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA). Buenos Aires, Argentina.

<sup>3</sup>Instituto Franco-Argentino de Estudios sobre el Clima y sus Impactos (IFAECI)-IRL 3351-CNRS-CONICET-IRD-UBA. Buenos Aires, Argentina.

**Palabras clave:** eventos extremos, cambio climático, modelos análogos

## 1) INTRODUCCIÓN

El Sudeste de Sudamérica (SESA) se caracteriza por ser una de las regiones con mayor frecuencia de tormentas intensas asociadas con convección profunda, principalmente durante la primavera y el verano (Zipser y otros, 2006). Estos sistemas de tormentas convectivas inducen eventos de precipitación extrema (EPE) generando daños significativos. En las últimas décadas, los eventos de precipitación extrema han aumentado en intensidad y frecuencia en SESA (Olmo y otros, 2020). Asimismo, las proyecciones climáticas basadas en modelos climáticos globales (MCG) o regionales (MCR) coinciden en que se espera un aumento significativo de la intensidad, frecuencia, duración y extensión espacial de las precipitaciones extremas como respuesta al aumento de las concentraciones de gases de efecto invernadero (Blázquez y Solman 2020). Sin embargo, la capacidad de los modelos climáticos para reproducir las estadísticas de la precipitación extrema aún es limitada. Por lo tanto, es relevante desarrollar metodologías alternativas para obtener estimaciones robustas de la ocurrencia de eventos extremos de precipitación en las proyecciones futuras. Considerando que los modelos climáticos de última generación son capaces de capturar razonablemente bien los patrones de circulación a escala sinóptica en América del Sur (Olmo y Bettolli 2021), el objetivo de este trabajo es evaluar el desempeño de un modelo de análogos, basado en la ocurrencia de patrones sinópticos (PS), para detectar la frecuencia de ocurrencia de eventos de precipitación extrema en las proyecciones futuras de un MCR.

## 2) DATOS Y METODOLOGÍA

La identificación de los PS y la calibración del modelo de análogos se realizó utilizando el conjunto de datos diarios del Reanálisis ERA5 (Hersbach y otros, 2020), con una resolución horizontal de  $0.25^\circ \times 0.25^\circ$  en el periodo 1979-2005. Para identificar una serie de SP precursores de EPE, se utilizó la clasificación obtenida a partir de la metodología de análisis de componentes principales en modo T con rotación ortogonal. A partir de esta clasificación se obtuvieron dos patrones sinópticos. A partir de los patrones detectados, se desarrolló el método de análogos basado en dos criterios de detección: por un lado, que el coeficiente de correlación entre los campos de anomalías diarias estandarizadas y los PS sea superior a un umbral (criterio de correlación), y por otro, que exista coherencia entre el signo de las anomalías de las variables meteorológicas diarias y el signo de los patrones en determinados

puntos de retícula (criterio de hotspot). El modelo análogo considera dos listas alternativas de variables, una considera las anomalías de: la componente meridional del viento en 850 hPa ( $v'850$ ), la altura geopotencial en 850 hPa ( $z'850$ ) y en 500 hPa ( $z'500$ ), la intensidad del viento en 200 hPa ( $int'V200$ ) y la temperatura potencial equivalente en 850 hPa ( $titaae'850$ ), denominado análogo termodinámico y otra sin incluir  $titaae'850$  denominada análogo no termodinámico.

El modelo de análogos, derivado a partir del reanálisis ERA5, se aplicó a las salidas del modelo REMO2015 del conjunto CORDEX-CORE, anidado en 3 MCGs, para el escenario RCP8.5 (Giorgi y otros, 2021). Se analizaron los periodos histórico (1979-2005) y futuro (2074-2100 o 2073-2099, dependiendo de la simulación) con el objetivo de detectar los cambios proyectados en la frecuencia de ocurrencia de EPE en los MCRs. Asimismo, se analizó la frecuencia de ocurrencia de EPE dados por la precipitación del MCR. Se definió como EPE, a un día donde la precipitación diaria en un punto de retícula supera el percentil 95 (P95), computado a partir de la climatología del periodo 1979-2005 del MCR (se tuvieron en cuenta los días con precipitación superior a 1 mm/día). Para tener en cuenta los EPE con una extensión espacial con áreas de no menos de 100 x 100 km<sup>2</sup>, el criterio adicional que se impuso fue que la precipitación diaria exceda el P95 en al menos cuatro puntos adyacentes al punto identificado de la retícula.

### 3) RESULTADOS

El cambio hacia final de siglo en el P95 (no mostrado) de la precipitación diaria del modelo en la estación de octubre a diciembre (OND) mostró, en general para las tres simulaciones, un aumento en la intensidad y con los valores máximos en la zona noreste de SESA. Este resultado es congruente con estudios previos que prevén un aumento en la intensidad de los eventos extremos de precipitación en SESA (Reboita y otros, 2022).

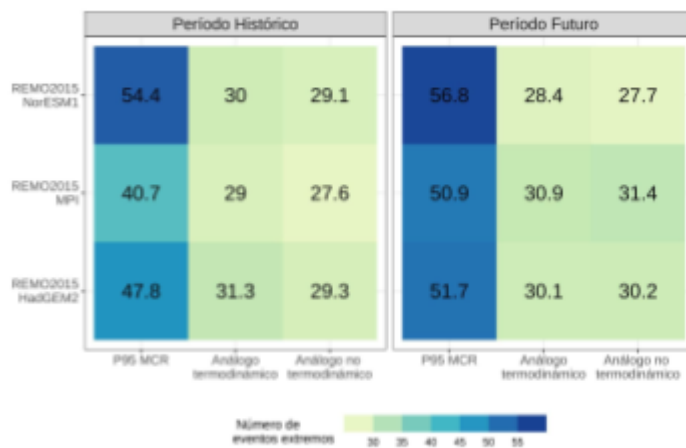


Figura 1: frecuencia de ocurrencia (por año) de eventos extremos detectados a partir del percentil 95 del modelo regional (P95) y de los modelos análogos (termodinámico y no termodinámico) para el periodo 1979-2005 (Periodo Histórico) y fin del siglo XXI (Periodo Futuro) para las tres simulaciones del modelo REMO2015.

La Figura 1 muestra la frecuencia de ocurrencia (por año) de eventos extremos de precipitación en las tres simulaciones del modelo REMO2015 en el periodo histórico y futuro. Como se mencionó en la sección 2) la frecuencia de ocurrencia fue calculada de dos formas, por un lado, a partir de la precipitación y P95 del MCR y, por otro lado, a partir de la aplicación del modelo análogo termodinámico y no termodinámico. Para el periodo histórico (Fig. 1, cuadro izquierdo), la frecuencia de extremos detectada por el P95 del modelo varía aproximadamente entre 40 y 55 eventos por año, con un

valor máximo de 54.4 eventos para el modelo REMO2015-NorESM1. En cambio, para este periodo, los modelos análogos (termodinámico y no termodinámico) detectaron una frecuencia de ocurrencia que resultó entre 27 y 31 eventos por año, con el valor máximo dado por el análogo termodinámico correspondiente al modelo REMO2015-HadGEM2. Este resultado demuestra que existe mayor dispersión en la frecuencia detectada por el P95 con respecto a la frecuencia capturada por los modelos análogos. Además, teniendo en cuenta que

la frecuencia observada (no mostrada), detectada con la base de precipitación diaria CPC, resultó ser de aproximadamente 34 eventos por año se puede destacar que la metodología de detección a partir del P95 sobrestima el número de eventos extremos y en cambio los modelos análogos ofrecen una estimación más cercana a la frecuencia observada.

Con respecto a los cambios proyectados, se detectó que la frecuencia de ocurrencia dada por el P95 se encontraría entre 51 y 59 eventos por año para el periodo futuro (Figura 1, cuadro lado derecho), mostrando un posible aumento. El mayor cambio se detectó para el modelo REMO2015-MPI que mostró un aumento de 10 eventos por año hacia fin de siglo. Los modelos análogos, en cambio, mostraron frecuencias similares a las detectadas para el periodo histórico. Asimismo, no se observó un acuerdo en el comportamiento del cambio de la frecuencia de los eventos extremos, debido a que en el modelo REMO2015-MPI se detectó un aumento en la frecuencia de entre 2 y 4 eventos por año, para el análogo termodinámico y no termodinámico, respectivamente; sin embargo en el modelo REMO2015-NorESM1 se observó una disminución en la frecuencia de extremos capturados por los dos modelos análogos. El modelo REMO2015-HadGEM2 identificó una menor (mayor) frecuencia de ocurrencia en el futuro cuando se aplica el análogo termodinámico (no termodinámico).

#### 4) CONCLUSIONES

Los modelos análogos permitieron detectar la frecuencia de ocurrencia de eventos extremos de precipitación. En el periodo histórico, los análogos detectaron una estimación más cercana a la frecuencia observada con respecto a la frecuencia obtenida a partir de la precipitación y el P95 del MCR. En los cambios proyectados en cambio, no se observó un acuerdo en el comportamiento del cambio de la frecuencia de los eventos extremos detectado a partir de los modelos análogos.

#### REFERENCIAS

- Blázquez J y Solman S, 2020:** Multiscale precipitation variability and extremes over South America: analysis of future changes from a set of CORDEX regional climate model simulations. *Climate Dynamics*, 797 55:2089–2106. <https://doi.org/10.1007/s00382-020-05370-8>
- Giorgi, F. y otros, 2021:** Editorial for the CORDEX-CORE experiment I special issue. *Climate Dynamics*, 57, 1265–1268
- Hersbach H, Bell B, Berrisford P, y otros, 2020:** The ERA5 global reanalysis. *Q J R Meteorol Soc.*; 146:1999–2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>
- Olmo, M. y Bettolli, M.L., 2021:** Extreme daily precipitation in southern South America: statistical characterization and circulation types using observational datasets and regional climate models. *Climate Dynamics*, 57, 895–916. <https://doi.org/10.1007/s00382-021-05748-2>
- Olmo, M. y otros, 2020:** Atmospheric circulation influence on temperature and precipitation individual and compound daily extreme events: spatial variability and trends over southern South America. *Weather and Climate Extremes*, 29, 100267. 859 <https://doi.org/10.1016/j.wace.2020.100267>
- Reboita M.S, y otros, 2022:** Future Projections of Extreme Precipitation Climate Indices over South America Based on CORDEX-CORE Multimodel Ensemble. *Atmosphere*, 13, 1463. <https://doi.org/10.3390/atmos13091463>
- Zipser EJ y otros, 2006:** Where are the most intense thunderstorms on Earth? *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 87, 1057–1071.