

DOWNSCALING ESTADÍSTICO DE LA PRECIPITACIÓN DIARIA EN EL SUDESTE DE SUDAMÉRICA: ENSAMBLE MULTI-MODELO EN EL PERÍODO HISTÓRICO Y PROYECCIONES FUTURAS CON FOCO EN EXTREMOS

Matías Ezequiel Olmo^{1,2,3}, Rocío Balmaceda-Huarte^{1,2,3}, María Laura Bettolli^{1,2,3}
molmo@at.fcen.uba.ar. Autor correspondiente.

¹Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (FCEyN, UBA)

²Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

³Institut Franco-Argentin d'Estudes sur le Climat et ses Impacts, Unité Mixte Internationale (UMI-IFAECI/CNRS-CONICET-UBA-IRD)

Palabras clave: reducción de escala estadística, precipitación extrema, sudeste de Sudamérica, CMIP5, CMIP6, cambio climático.

1) INTRODUCCIÓN

Los eventos extremos de precipitación sobre el sudeste de Sudamérica (SESA, aproximadamente entre 50-65°O y 20-40°S han recibido una atención creciente en los últimos años debido

a su alta intensidad, frecuencia y a sus impactos en las diferentes actividades socio-económicas de la región (IPCC, 2021). Estos fenómenos pueden generar el desborde de los principales ríos de la cuenca del Plata, como así también afectar directamente los rendimientos de las actividades agrícola-ganaderas y de la generación de energía hidroeléctrica (Vörösmarty et al., 2013).

Más aún, múltiples estudios han documentado una tendencia positiva en los extremos de precipitación extrema sobre SESA durante el período reciente, los cuáles se espera se intensifiquen bajo un escenario de cambio climático (Blázquez y Solman, 2020). En este contexto, la información climática de alta resolución resulta de gran valor particularmente en SESA. En consecuencia, este trabajo se centra en la aplicación de diversas técnicas de reducción de escala estadística o *downscaling estadístico* (ESD) para construir un conjunto multi-modelo de modelos climáticos globales (GCMs) reducidos de escala para la precipitación diaria (GCM-ESD), sin precedentes sobre la región.

2) DATOS Y METODOLOGÍA

Se utilizaron observaciones de 86 estaciones meteorológicas sobre SESA durante el periodo 1979-2017 (Figura 1), las cuales fueron utilizadas y controladas en términos de su calidad en trabajos previos (Olmo et al., 2020). Para los modelos de ESD, se utilizaron datos diarios del reanálisis

Model name	Experiments
CanESM2	CMIP5 historical (1979-2005) and RCP8.5 (2006-2100) (rli1p1 run)
CMCC-CMS	
CNRM-CM5	
MPI-ESM-LR	
MPI-ESM-MR	
NorESM1-M	CMIP6 historical (1979-2014) and SSP585 (2015-2100) (rli1p1fl run)
CanESM5	
INM-CM5-0	
MPI-ESM2-1-HR	
MPI-ESM2-1-LR	
NorESM2-LM	
NorESM2-MM	

Tabla 2: GCMs utilizados en este trabajo.

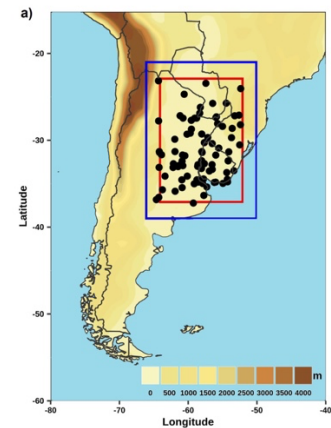


Figura 1: ubicación de las estaciones meteorológicas consideradas sobre SESA (caja roja) y dominio de predictores para los modelos de ESD (caja azul).

ERA-Interim de las variables altura geopotencial en 500 y 1000 hPa (Z500 y Z1000, respectivamente), viento meridional en 850 hPa (V850), humedad específica en 700 y 850 hPa (Q700 y Q850, respectivamente) y temperatura del aire en 700 y 850 hPa (T700 y T850, respectivamente). Se tomaron distintas configuraciones de predictores – incluyendo información espacial y/o local - presentadas en la Tabla 1, en función de un análisis de calibración de múltiples metodologías de ESD sobre SESA en un trabajo previo (Olmo y Bettolli, 2021).

Asimismo, se utilizaron 12 GCMs de los experimentos CMIP5 y CMIP6 en la aplicación de los modelos estadísticos para el período histórico (1979-2005 y 1979-2014, en cada uno) y para las proyecciones climáticas bajo el escenario de altas emisiones RCP 8.5 (hasta 2100).

Los métodos de downscaling estadístico empleados en este trabajo incluyeron la técnica de análogos (ANs), modelos lineales generalizados en sus versiones estocástica y condicionada por patrones de circulación atmosférica (GLM_STs y GLM_WTs, respectivamente) y modelos de redes neuronales en una versión estocástica (NN_STs). Más detalles sobre estas metodologías y su aplicación sobre la región de SESA se encuentran disponibles en Olmo y Bettolli (2021) y Olmo et al. (2022).

<i>Nombre</i>	<i>Configuración de predictores</i>	<i>AN</i>	<i>GLM_ST</i>	<i>GLM_WT</i>	<i>NN_ST</i>
<i>L16</i>	Z500, Q700, T700, U850, V850, Q850, Z1000: 16 puntos cercanos	x			x
<i>L4</i>	Z500, Q700, T700, U850, V850, Q850, Z1000: 4 puntos cercanos		x	x	
<i>LS</i>	Z500, V850, Z1000: componentes principales (95% de varianza explicada) Q700, T700, Q850, T850: 4 puntos cercanos				x
<i>PC</i>	Z500, Q700, T700, U850, V850, Q850, Z1000: Componentes principales (95% de varianza explicada)	x	x	x	

Tabla 1: Configuraciones de predictores para los modelos de ESD.

3) RESULTADOS Y DISCUSIONES

Los experimentos descritos previamente fueron exhaustivamente analizados a partir de múltiples métricas y análisis en términos de la variabilidad espacio-temporal de la precipitación diaria y sus extremos sobre SESA (Olmo et al., 2022). Por brevedad, en este resumen se muestran resultados únicamente de la evolución anual del percentil 95 de la precipitación diaria (P95) y las proyecciones durante el siglo XXI. La variabilidad intra-anual de la precipitación extrema sobre SESA se evaluó a partir del ciclo anual del P95 (Figura 2). Resultó notable la mejora en la representación del P95 no solo en su intensidad sino también en la forma del ciclo al comparar los GCM-ESD en comparación con sus salidas crudas. Este valor agregado fue congruente en casi todos los modelos de ESD, excepto por GLM_WT_L4 que sistemáticamente subestimó las intensidades de P95, especialmente durante la temporada cálida. Los ANs presentaron las mejores habilidades, mientras que los modelos estocásticos tendieron a sobreestimar el P95. Esta sobreestimación varió entre GCMs, como pudo detectarse en el verano austral, por ejemplo, en CanESM2 y CanESM5, mientras que se encontraron sobreestimaciones más claras durante el invierno en algunos GCMs como MPI-ESM2-1-HR y NorESM2-MM. Sin embargo, la aplicación de las técnicas de ESD superó claramente a las salidas crudas de los GCMs, que fallaron en representar tanto la intensidad como la variabilidad intra-anual del P95 sobre SESA, destacando la necesidad de aplicar un procedimiento de reducción de escala para estudios de variabilidad climática espacio-temporal de extremos.

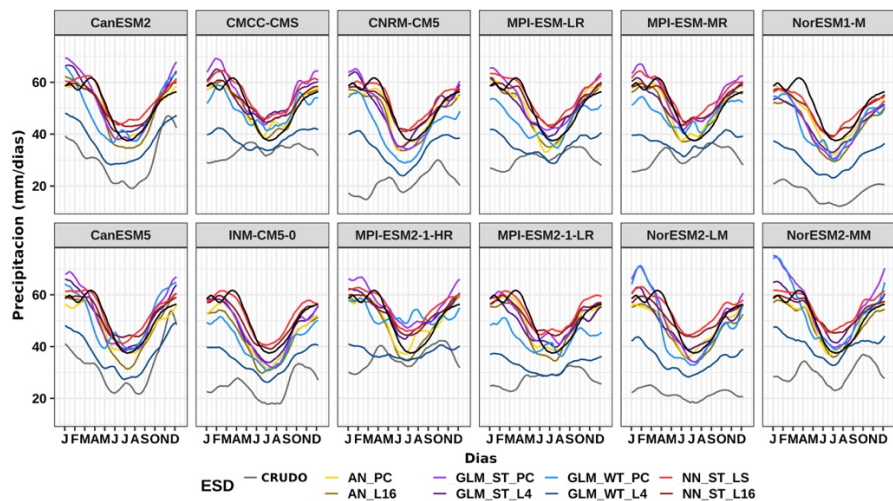


Figura 2: Ciclo anual promedio regional del P95 sobre SESA para la referencia de estaciones meteorológicas (líneas negras), todos los modelos de ESD (líneas coloreadas) y para las salidas crudas de precipitación de los GCMs (líneas grises) durante el período de referencia 1986-2005.

Por su parte, las proyecciones de ESD mostraron aumentos en la precipitación media sobre SESA asociados con una frecuencia creciente de eventos extremos, principalmente durante la estación cálida (octubre a marzo), siguiendo las tendencias observadas durante SESA. Las tasas de cambio fueron consistentes entre los modelos GCM-ESD hasta mediados del siglo 21, cuando la incertidumbre en el conjunto multi-modelo comenzó a incrementarse. Es interesante mencionar que esta incertidumbre se debió principalmente a la inclusión de los modelos GLM_WT (no mostrado), que presentaron las menores habilidades durante el período histórico. Estos resultados – junto con análisis adicionales que complementan este trabajo - muestran el potencial de las técnicas de ESD para representar la precipitación extrema y evaluar sus cambios futuros en SESA.

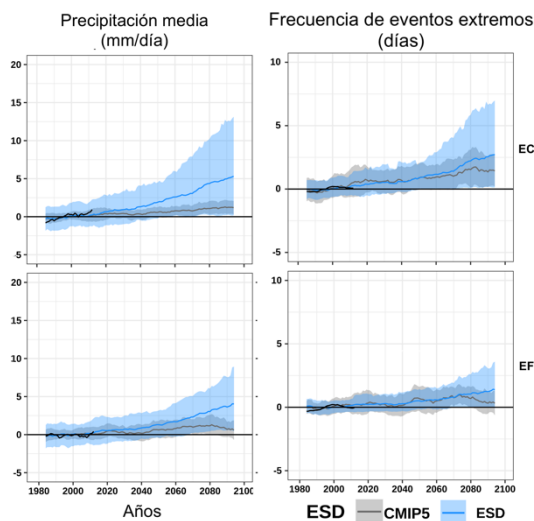


Figura 3: Diferencias en la precipitación media y en la frecuencia de eventos extremos en comparación con 1986-2005 para los ensambles de las simulaciones crudas de GCMs CMIP5 (tonos grises) y para los modelos de ESD (tonos azules) durante la estación cálida (EC, octubre-marzo) y fría (EF, abril-septiembre).

Multi-model ensemble of statistically downscaled GCMs over southeastern South America: historical evaluation and future projections of daily precipitation with focus on extremes. *Climate Dynamics* DOI 10.1007/s00382-022-06236-x

Vörösmarty CJ et al (2013) Extreme rainfall, vulnerability and risk: a continental-scale assessment for South America. *Phil Trans R Soc A* 371:20120408

4) REFERENCIAS

Blázquez J, Solman S (2020) Multiscale precipitation variability and extremes over South America: analysis of future changes from a set of CORDEX regional climate model simulations. *Clim Dyn* 55:2089–2106. DOI 10.1007/s00382-020-05370-8

IPCC (2021) *Climate Change 2021: The Physical Science Basis*. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, et al. (eds.)]. Cambridge University Press. In Press

Olmo ME, Bettolli ML, Rusticucci M (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 (1):100267

Olmo ME, Bettolli ML (2021) Statistical downscaling of daily precipitation over southeastern South America: assessing the performance in extreme events. *Int J Clim* 42(2):1283–1302. DOI:https://doi.org/10.1002/joc.7303

Olmo ME, Balmaceda-Huarte R, Bettolli ML (2022)