

# VARIABILIDAD ESTIVAL ENTRE TEMPERATURA Y PRECIPITACIÓN EN ARGENTINA. PROYECCIONES EN UN CONTEXTO DE CAMBIO CLIMÁTICO

Marianela Groppa<sup>1,2</sup> y María Paula Llano<sup>1,2</sup>  
[mgroppa@at.fcen.uba.ar](mailto:mgroppa@at.fcen.uba.ar)

<sup>1</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

<sup>2</sup>Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Universidad de Buenos Aires (FCEN - UBA)

**Palabras clave:** TRASLACIÓN, DEFORMACIÓN, ROTACIÓN, INTERDEPENDENCIA.

## 1) INTRODUCCIÓN

El sistema climático está gobernado por una compleja interacción de variables, entre las cuales la temperatura y la precipitación desempeñan un rol fundamental. Durante las últimas décadas, ambas han experimentado cambios significativos en sus valores medios y extremos. Muchos de estos cambios son mayores en relación con el aumento del calentamiento global y no tienen precedentes a lo largo de muchos miles de años (IPCC,2021). Es por ello por lo que existe un considerable interés en estudiar la variabilidad espacio-temporal entre las temperaturas - máxima y mínima - y la precipitación en el actual contexto de cambio climático (Trenberth y Shea, 2005).

El estudio de la interdependencia entre estas se puede analizar empleando funciones de distribución multivariantes, Rodrigo et al. (2014) en España y Ferrari et al. (2018) en Italia consideraron el carácter bivariado de la temperatura y la precipitación del clima de referencia utilizando una elipse de contorno gaussiana con 95% de confianza. El objetivo del presente trabajo es analizar los cambios proyectados en la covariabilidad entre precipitación y temperatura para Argentina durante la estación de verano.

## 2) DATOS Y METODOLOGÍA

Se utilizaron datos simulados de temperatura máxima (tx), temperatura mínima (tn) y precipitación (pp) para Argentina, pertenecientes a cinco modelos climáticos globales: GFDL-ESM4, MPI-ESM1-2-HR, MRI-ESM2-0, UKESM1-0-LL e IPSL-CM6A-LR. Estos fueron obtenidos de la fase 3b del Inter-Sectoral Impac Model Intercomparison Project (ISIMIP3b; Lange, 2021) basados en los resultados de la sexta fase del Proyecto de Inter comparación de Modelos Acoplados (CMIP6). Los datos corresponden al periodo histórico (1985-2014) y al futuro cercano (FC, 2021-2050), bajo los escenarios SSP1-2.6 y SSP5-8.5 y fueron estandarizados usando la media y la desviación típica del periodo histórico para los meses de verano (diciembre-enero-febrero).

Para analizar los cambios en la relación entre las variables se analiza la diferencia periodo futuro menos periodo histórico y la cuantificación de dichos cambios se realiza mediante los parámetros de traslación, rotación y deformación. La traslación consiste en un cambio en los valores medios de las variables y su significancia estadística se determina individualmente para cada variable mediante la prueba t-Student (95% confianza) y conjuntamente mediante la prueba de Hotelling multivariable. La rotación de las elipses está relacionada con el signo del coeficiente de correlación y los posibles cambios en la relación entre las variables, la significancia se analiza mediante la prueba Z (95%). La deformación consiste en cambios en la forma y/o tamaño de las elipses, lo cual está relacionado con los ejes de las mismas y la dispersión de los datos alrededor de ellos, la significancia estadística se analiza mediante la prueba box M y el test de Fisher (95%).

### 3) RESULTADOS

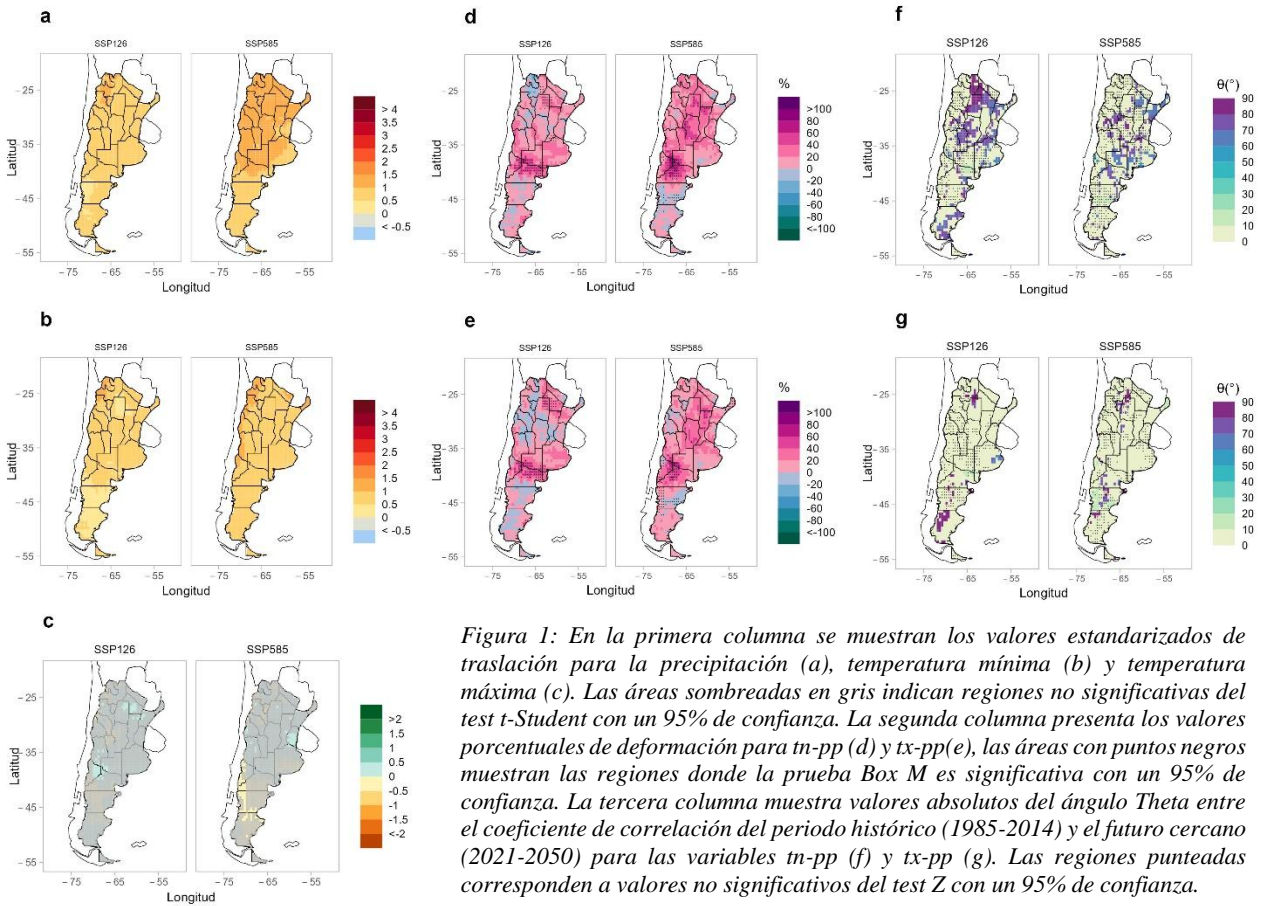


Figura 1: En la primera columna se muestran los valores estandarizados de traslación para la precipitación (a), temperatura mínima (b) y temperatura máxima (c). Las áreas sombreadas en gris indican regiones no significativas del test t-Student con un 95% de confianza. La segunda columna presenta los valores porcentuales de deformación para tn-pp (d) y tx-pp(e), las áreas con puntos negros muestran las regiones donde la prueba Box M es significativa con un 95% de confianza. La tercera columna muestra valores absolutos del ángulo Theta entre el coeficiente de correlación del periodo histórico (1985-2014) y el futuro cercano (2021-2050) para las variables tn-pp (f) y tx-pp (g). Las regiones punteadas corresponden a valores no significativos del test Z con un 95% de confianza.

En la figura 1 se muestran los resultados de los parámetros de traslación, deformación y rotación durante el verano para el ensamble de modelos en el futuro cercano. En todo el país la prueba de Hotelling indica diferencias significativas entre los vectores de valores medios. Las temperaturas, mínima (a) y máxima (b), muestran una traslación positiva y significativa para t-Student en ambos escenarios en todo el territorio. Mientras que, la traslación de la precipitación (c) solo es significativa, en ambos escenarios, en un 10% del territorio. Al observar las magnitudes de los desplazamientos, en el escenario SSP1-2.6 las temperaturas aumentan entre 0.5-1 desviación típica (0.5°C y 1°C). En el caso del escenario SSP5-8.5 la traslación es máxima en la mitad norte del país para la tn, con valores entre 1-1.5 desviaciones típicas (1°C – 1.5°C) y sobre la Patagonia es menor con valores entre 0.5-1 desviación típica (0.5°C – 1°C). La traslación para la tx se encuentra entre 0.5-1 desviación típica (0.5°C – 1°C). La traslación para la precipitación se encuentra entre 0-0.5 desviaciones típicas (+20%) sobre Cuyo y el noreste argentino (NEA) para el escenario SSP1-2.6. Estos valores se mantienen y se extienden hacia el centro del país para el escenario SSP5-8.5, a la vez que se observan sobre la Patagonia cambios significativos y negativos con valores entre 0 y -0.5 desviaciones típicas (-20 %). El parámetro de deformación para el conjunto multivariable tn-pp (d) en el escenario SSP1-2.6 muestra valores positivos en el 84% del territorio, de los cuales solo el 11% son significativos y se encuentran al norte de la región patagónica y el NEA donde el área de deformación positiva es máxima (60%). En el escenario SSP5-8.5 la deformación positiva se observa en un 90% del país, pero continúa siendo significativa solo en un 10%. Los máximos valores se encuentran nuevamente sobre la Patagonia, pero ahora además se extienden hacia la región centro. Para el

conjunto tx-pp (e) se observa algo similar con porcentajes de deformación positiva de 72% y 91% respectivamente para cada escenario. Al analizar el cambio de varianza individual de las variables se observa que el aumento del área para el escenario más optimista está asociado a una mayor variabilidad de la precipitación, mientras que, el escenario basado en combustibles fósiles exhibe un aumento de la variabilidad en ambas variables.

En cuanto al parámetro de rotación, los valores más altos del ángulo Theta ( $80^{\circ}$ - $90^{\circ}$ ), se observan principalmente en el conjunto multivariable tn-pp (f) sobre la región NEA y centro de Argentina. En el caso del escenario SSP1-2.6, lo que se produce es un cambio en el coeficiente de correlación que pasa de positivo no significativo a negativo y significativo. Mientras que, el SSP5-8.5 muestra valores de Theta menores, entre  $50^{\circ}$  y  $60^{\circ}$ , sobre la región NEA, donde la correlación pasa de positiva no significativa a negativa no significativa. En el caso de tx-pp (g) los cambios en el coeficiente de correlación son significativos en un 70% del país para ambos escenarios, sin embargo, en general el ángulo theta no supera los  $20^{\circ}$ , lo que sugiere que la relación entre las variables mantiene una pendiente similar en ambos periodos.

#### 4) CONCLUSIONES

Este trabajo estudió las proyecciones en la covariabilidad de las temperaturas –máxima y mínima- y la precipitación acumulada para los veranos en Argentina en el futuro cercano. Usando la distribución gaussiana se comparan el periodo histórico 1985-2014 con el futuro cercano 2021-2050. Los resultados encontrados muestran traslaciones (vector de medias) positivas y significativas en todo el país, más pronunciadas en el escenario SSP5-8.5 ( $1$ - $1.5^{\circ}\text{C}$  en el norte) y para las temperaturas mínimas que para las máximas. En la precipitación el patrón no es tan claro, presenta cambios significativos en un área reducida. La deformación (varianza-covarianza) positiva cubre amplias áreas, aunque solo el 10% es significativa. Se observa un aumento significativo de la variabilidad en la precipitación para el escenario más optimista (SSP1-2.6) y en ambas variables para el escenario más pesimista (SSP5-8.5) sobre la Patagonia y el NEA. El cambio en la rotación (correlación) no es uniforme en todo el territorio. Es para destacar lo que sucede en el norte del país en el escenario SSP-1.26, donde la relación se invierte indicando que en el futuro el aumento de temperatura está asociado a una disminución de la precipitación.

#### AGRADECIMIENTOS

Al Proyecto PIP-CONICET (2022-2024) n° 112202101 00282CO

Al proyecto UBA (2020-2022) n° 20020190100090BA.

#### REFERENCIAS

**Ferrari, E., Coscarelli, R. y Beniamino, S., 2018:** Correlation Analysis of Seasonal Temperature and Precipitation in a Region of Southern Italy. *Geosciences* 8, 160; doi:10.3390.

**Lange, S. 2021:** ISIMIP3BASD v2.5.0, <https://doi.org/10.5281/zenodo.4686991>.

**Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J. B. R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu y B. Zhou (editores). 2021:** IPCC, Resumen para responsables de políticas. En: *Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press.

**Rodrigo, F.S., 2014:** On the covariability of seasonal temperature and precipitation in Spain, 1956-2005. *International Journal of Climatology*, 35(11), 3362-3370.

**Trenberth, KE. y Shea, DJ., 2005:** Relationships between precipitation and surface temperature. *Geophys. Res. Lett.* 32: L14703, doi: 10.1029/2005GL022760.