

# EXTREMOS CLIMÁTICOS COMPUESTOS DE OLAS DE CALOR Y RACHAS SECAS: VARIABILIDAD ESPACIO-TEMPORAL EN EL SUR DE SUDAMÉRICA.

Verónica Dankiewicz<sup>1,2</sup>, Matías Ezequiel Olmo<sup>1,2,3</sup>, Solange Suli<sup>1,2</sup>, Matilde Rusticucci<sup>1,2,3</sup>  
vdankiewicz@at.fcen.uba.ar

<sup>1</sup>Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos (DCAO, FCEN, UBA), Buenos Aires, Argentina

<sup>2</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET), Buenos Aires, Argentina

<sup>3</sup>Unidad Conjunta Internacional, Instituto Franco Argentino de Estudios sobre el Clima y sus Impactos (UMI-IFAECI/CNRS-CONICET-UBA), Buenos Aires, Argentina

**Palabras clave:** eventos simultáneos, caracterización estadística, regionalización.

## 1) INTRODUCCIÓN

Los extremos climáticos compuestos (EC), y en particular los asociados a la temperatura y precipitación, están siendo ampliamente estudiados alrededor del globo, ya que generalmente incrementan los riesgos socioeconómicos y ambientales más que cualquiera de los extremos individuales aislados (IPCC, 2012; Hao et al., 2018) En los últimos años, el aumento de las temperaturas récord observado en muchos lugares del planeta, asociado a precipitaciones extremadamente bajas provocó graves impactos en la agricultura, el sector energético, el ecosistema y la salud humana, ocasionando grandes pérdidas económicas (Zscheischler et al., 2018; Feng et al., 2019; Sutanto et al., 2020). Sin embargo, el sur de Sudamérica (SSA), una de las regiones más pobladas de América del Sur, ha recibido una atención más limitada (Tencer et al., 2016; Olmo et al., 2020). En este contexto, el presente trabajo propone identificar y caracterizar los EC dados por la ocurrencia conjunta de olas de calor (OC) y rachas secas (RS), a escala local y regional, en el SSA.

## 2) DATOS

Se emplearon datos de temperatura máxima (Tx) y precipitación acumulada diaria (Pr) de 155 estaciones meteorológicas del SSA (20° S a 57° S de latitud y 74° W a 45° W de longitud), del período 1979-2018. Los datos fueron proporcionados por los Servicios Meteorológicos Nacionales de Argentina, Brasil, Paraguay y Uruguay, y el Centro de Investigaciones sobre el Clima y la Resiliencia de Chile y el Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria (INTA) de Argentina. Además, se utilizó el software R-Climdex (disponible gratuitamente en: <http://etccdi.pacificclimate.org/software.shtml>) para realizar un control de calidad de cada estación y se descartaron aquellas estaciones con más del 20% de datos faltantes.

## 3) METODOLOGÍA

En este trabajo se definió OC como un evento de al menos tres días consecutivos con Tx diaria superior al percentil 90 del periodo 1981 - 2010, calculado a partir de ventanas móviles de 15 días centradas en cada día calendario (Rusticucci et al., 2016). Las RS se definieron como la sucesión de  $n$  días consecutivos sin lluvia precedidos y seguidos por días con lluvia (Llano y Penalba, 2011), donde  $n$  es la media climatológica 1981-2010 de cada estación meteorológica. Se considera día sin lluvia aquel cuyo registro de Pr es menor a 1 mm. Entonces, se definió un EC como la ocurrencia simultánea de OC y RS en, al menos, un día. Estas definiciones se aplicaron en todas las estaciones meteorológicas para detectar eventos de OC, RS y EC locales. Los días que presentaron un EC se denominaron días de EC (d-EC). Luego, se caracterizó a los EC a través de su frecuencia media anual y su duración media.

Debido a la gran variedad de climas que comprende el SSA, se aplicó el método de agrupación jerárquica de Ward (Ward, 1963) a los d-EC para identificar regiones espacialmente coherentes basadas en la identificación de estaciones con alta co-ocurrencia de d-EC locales simultáneos. Además, se tuvieron en cuenta las características regionales y regímenes climáticos del área

(Prohaska, 1976). Para cada región, se definieron EC regionales como aquellos eventos en que al menos el 30% de las estaciones de la región considerada registraron simultáneamente d-EC locales durante al menos un día. Luego, se obtuvo un catálogo de EC regionales para cada región. Estos eventos se caracterizaron estadísticamente, mediante métricas como la frecuencia absoluta de d-EC (Fad-EC) y de EC (FAEC) y la duración media de EC (DEC) con su desviación estándar (ds) asociada. Además, se calculó el ciclo anual de EC mediante su frecuencia media mensual y su duración media mensual.

### 3) RESULTADOS

En primera instancia, se analizó la frecuencia anual media de EC locales y su duración media. En términos medios hubo al menos un EC por año en cada estación meteorológica, la máxima frecuencia anual media fue entre 8,55 EC/año por estación y la mayoría de las estaciones presentaron entre 2 y 3 EC anuales. Se encontraron mayores frecuencias anuales medias en el centro y sur de Chile y en el oeste y sur de la Patagonia argentina (ver Fig. 1.a.). Cada EC presentó una duración media de al menos 2,7 días por estación y en la mayoría de las estaciones fue entre 3 y 4 días. El norte de Chile, norte del sur de Brasil y algunas estaciones de la Patagonia presentaron EC más duraderos (Fig. 1.b.). Asimismo, el sur del dominio registró mayor ocurrencia de EC, aunque no necesariamente fueron de mayor duración.

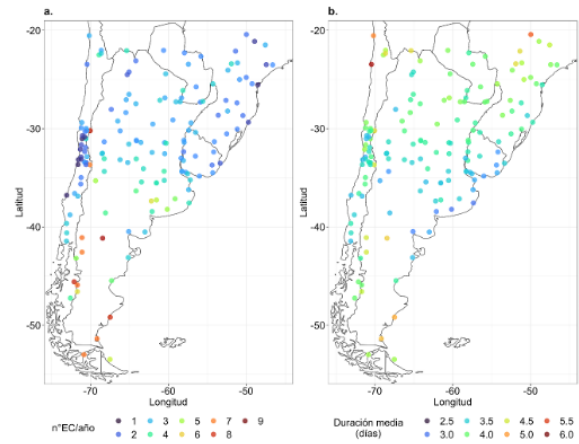


Figura 1: Distribución espacial de la a. Frecuencia anual media y b. Duración media de los EC en las estaciones meteorológicas del SSA para 1979-2018.

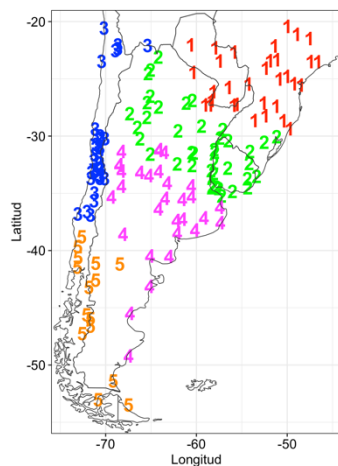


Figura 2: Estaciones meteorológicas utilizadas sobre SSA durante el período 1979-2018, subregionalizadas por colores y numeradas del 1 al 5: R1: noreste del SSA (NES), R2: centro-norte del SSA (CNS), R3: centro y norte de Chile (CNCH), R4: centro y sudeste del SSA (CSES), R5: sudoeste del SSA (SOS).

Al aplicar la metodología de regionalización de los EC, se identificaron cinco regiones climatológicamente homogéneas (ver Fig. 2). Esta regionalización coincide, aunque aporta mayor detalle, con las tres regiones del SSA presentadas por Iturbide et al. (2020) para las regiones de referencia climática actualizadas del IPCC.

En relación con los EC regionales, se identificaron un total de 2109 d-EC en las cinco regiones (14,45% del total de días analizados) y 651 EC durante el período de análisis. El número máximo de eventos (234 EC, es decir, el 35,9 % del total de eventos) ocurre en SOS (no se muestra). El número mínimo de EC ocurre en CNCH con 46 EC (7,07% del total). Asimismo, las máximas y mínimas frecuencias de OC y RS locales se registraron en las regiones SOS y CNCH respectivamente (no se muestra). Las mínimas frecuencias de CE en CNCH podrían estar mayormente dominadas por la baja ocurrencia de OC regionales registradas en esa zona. En este caso, la compleja orografía y la presencia de estaciones meteorológicas con elevada altitud dificulta la ocurrencia

de una OC regional en esta área. En cuanto a las RS, esta región también se caracteriza por su baja frecuencia, pero presentan elevada duración. Asimismo, todas las regiones exhiben características, en promedio, similares de DEC (~ 3 días), con un sd entre 1 y 2 días.

En la Fig. 3.a. se aprecia el ciclo anual de los EC regionales, cuya variabilidad fluctuó de acuerdo con la región considerada, presentando un máximo de ocurrencia en julio y mínimos en enero y noviembre en el NES; un máximo en julio para el CNS y mínimos en enero y febrero;

en el CNCH máximos en marzo, abril y diciembre y mínimos en julio, agosto y noviembre; en el CSES máximos entre junio y agosto y mínimos en diciembre y febrero y, por último, en el SSA un máximo absoluto en septiembre (el mayor de todas las regiones), con máximos secundarios entre mayo y agosto y mínimos en marzo y de octubre a diciembre. En resumen, en la mayoría de las regiones, excepto el CNCH, la onda anual presentó máximos en la temporada fría (abril a septiembre), con máximos absolutos en invierno y relativos en otoño y mínimos predominantemente en la temporada cálida (octubre a marzo). La región del CNCH mostró un patrón más fluctuante (y opuesto a las demás zonas en algunas temporadas), con máximos en otoño y verano y mínimos absolutos en invierno y relativos en primavera y verano. La DEC media mensual no presenta una onda anual marcada y sus valores son similares entre regiones (variando entre 2 y 5 días).

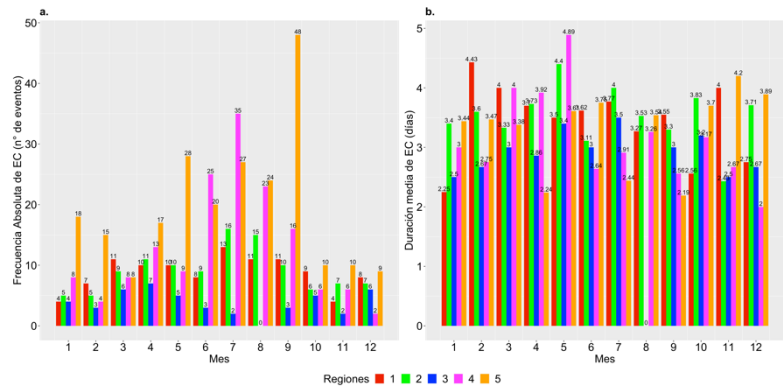


Figura 3: a. Frecuencia mensual absoluta de EC (n° de eventos) y b. Duración media mensual de EC (días) en cada una de las 5 regiones del SSA durante 1979-2018.

#### 4) CONCLUSIONES

En el presente estudio, se obtuvieron cinco regiones en el SSA climáticamente homogéneas basadas en el agrupamiento de estaciones con alta simultaneidad de d-EC locales. Luego, se logró identificar EC regionales y, posteriormente, crear un catálogo de EC regionales para cada región del SSA. En general, SOS registró la mayor cantidad de eventos y CNS mostró EC de mayor duración que las demás regiones, aunque las duraciones medias fueron similares en todas las regiones, alrededor de tres días. En particular, la región Andina (CNCH) se distinguió por la menor frecuencia y duración de EC. Por último, el ciclo anual presentó máximos en la temporada fría (abril a septiembre) y mínimos en la temporada cálida (octubre a marzo) en cuatro de las cinco regiones, siendo la excepción CNCH con un patrón más fluctuante.

#### Agradecimientos

Proyecto CONICET PIP0333, Proyecto UBACyT 2018 20020170100357BA.

#### REFERENCIAS

- Feng S., Hao Z., Zhang X., Hao F., 2019: Probabilistic evaluation of the impact of compound dry-hot events on global maize yields. *Science of The Total Environment*, Vol.689, Pgs.1228-1234, ISSN 0048-9697.
- Hao, Z., Hao, F., Singh, V.P., Zhang, X., 2018: Changes in the severity of compound drought and hot extremes over global land areas. *Environ. Res. Lett.* 13, 124022.
- IPCC, 2012: *Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation* (eds Field, C. B. et al.). Cambridge Univ. Press.
- Iturbide, M., Gutiérrez, J. M., Alves, L. M., et al., 2020: An update of IPCC climate reference regions for subcontinental analysis of climate model data: Definition and aggregated datasets. *Earth System Science Data Discussions*, April 1–16.
- Llano, M.P., Penalba, O.C., 2011: A climatic analysis of dry sequences in Argentina. *Int. Jour. of Clim.*, 31(4), 504–513.
- Olmo, M., Bettolli, M.L., 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.
- Prohaska, F., 1976: The climate of Argentina, Paraguay and Uruguay. *World Surv. Climatol.* 12, 13–73.
- Rusticucci, M., Kyselý, J., Almeida, G., et al.: 2016. Long-term variability of heat waves in Argentina and recurrence probability of the severe 2008 heat wave in Buenos Aires. *Theoretical and Applied Climatology*, 124(3–4), 679–689.
- Sutanto S., Vitolo C., Di Napoli C., et al., 2020: Heatwaves, droughts, and fires: Exploring compound and cascading dry hazards at the pan-European scale. *Environ.Int.* 134.105276
- Tencer, B., Bettolli, M.L., Rusticucci, M., 2016: Compound temperature and precipitation extreme events in Southern South America: associated atmospheric circulation and simulations by a multi-RCM ensemble. *Clim. Res.* 68, 183–199.
- Ward, J.H., 1963. Hierarchical grouping to optimize an objective function. *J. Am. Stat. Assoc.* 58, 236–244.
- Zscheischler, J., Westra, S., Van Den Hurk, et al., 2018: Future climate risk from compound events. *Nat. Clim. Change* 8 (6), 469–477.