

OLAS DE CALOR EN EL CENTRO-ESTE DE ARGENTINA: SU CARACTERIZACIÓN Y PROYECCIONES DE CAMBIO CLIMÁTICO

Tanea Coronato¹, Pablo Zaninelli^{2,3}, Rita Abalone^{1,4}, Andrea F. Carril⁵
tanea.coronato@cima.fcen.uba.ar. Autor/a correspondiente.

¹ Instituto de Física Rosario (IFIR/CONICET-UNR), Rosario, Argentina

² IGEO, CSIC, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, España

³ FCAG, Universidad Nacional de La Plata, La Plata, Argentina

⁴ FCEIA, Universidad Nacional de Rosario, Rosario, Argentina

⁵UBA-CONICET-CNRS-IRD, CIMA e IRL IFAECI, Buenos Aires, Argentina

Palabras clave: olas de calor, temperatura de bulbo húmedo, distribución bivariada

1) INTRODUCCIÓN

La tendencia creciente de los extremos cálidos continuará en el futuro (Seneviratne et al., 2021) y, en particular, las olas de calor suelen definirse como excedencias persistentes por sobre un umbral (Pitaric et al., 2019) de temperatura máxima (T_{max}) y/o mínima (T_{min}). Sin embargo, es necesario abordar el impacto de las mismas a partir de una definición multivariada que incluya la combinación de temperaturas extremas con valores altos de humedad, ya que su efecto conjunto podría resultar letal para el ser humano (Mora et al., 2017). Algunos autores han estudiado el estrés térmico a partir de la temperatura de bulbo húmedo (T_w), variable que marca un límite fisiológico para la adaptabilidad humana en ~ 35 °C (Sherwood and Huber, 2010), y que está aumentando a nivel global según estudios recientes (Coffel et al., 2018). Aunque algunos trabajos han comenzado a documentar las proyecciones de T_w en escala regional (e.g., Pal and Elthair, 2015; Im et al., 2017), poco se sabe sobre cómo T_w evolucionará a escala continental para Sudamérica (SA). Este trabajo busca llenar ese vacío, estudiando las proyecciones de extremos térmicos estivales en SA a partir de diagnósticos bivariados en los cuáles se incorpora información sobre T_w . El foco del estudio es el centro-este de Argentina (CEA), región que se proyecta hacia un régimen estival más húmedo (Zaninelli et al, 2018) y con valores crecientes de la humedad relativa (Sherwood and Fu, 2014).

2) METODOLOGÍA

Se trabaja con las variables T_{max} , T_{min} y T_w (T_w se calcula según Stull (2011)) de las climatologías de los modelos climáticos regionales RCA, REMO y RegCM, integrados sobre SA para el proyecto CORDEX (Giorgi and Gutowski, 2015). Los datos corresponden al período histórico (HIST, 1985-2005) y a dos períodos futuros bajo el escenario RCP 8.5: futuro cercano (2045-2065, FC) y futuro lejano (2075-2095, FL). Las proyecciones para diciembre-enero-febrero se analizan en términos de la diferencia período futuro menos período histórico.

La relevancia de las proyecciones de cambio de T_w frente a los cambios en T_{max} y T_{min} para SA se evalúa mediante las razones de cambio normalizadas (R_n):

$$R_n(T_{max}) = \frac{\Delta T_w}{\Delta T_{max}}; R_n(T_{min}) = \frac{\Delta T_w}{\Delta T_{min}}; \Delta T_{var} = \frac{T_{var_{FUT}} - T_{var_{HIST}}}{T_{var_{HIST}}} \quad (1)$$

donde T_{var} es alternativamente T_{max} , T_{min} y T_w ; ΔT_w , ΔT_{max} y ΔT_{min} son los "deltas" de cambio normalizados respecto de los valores medios del clima histórico de T_w , T_{max} y T_{min} , respectivamente; $T_{var_{FUT}}$ es la climatología del período futuro analizado (FC o FL); y $T_{var_{HIST}}$ es la climatología del período histórico.

Para el estudio de las olas de calor en CEA, se considera el punto de retícula más cercano a la ciudad de Rosario como representativo de la región, y se definen las olas de calor

como eventos en los cuales la Tmax supera el percentil 75 diario por al menos 3 días consecutivos. Las series de olas de calor de cada combinación modelo-período son caracterizadas a partir de los valores medios de Tmax, Tmin y Tw de cada evento, y graficados en planos coordenados Tw-Tmax y Tw-Tmin, cuyo origen coincide con el centro de masa del ensamble para condiciones de clima presente. Los cuadrantes de cada plano coordenado permiten clasificar a las olas de calor en función de su temperatura y humedad: en el cuadrante noreste (NE) se encuentran los eventos más cálidos y húmedos; en el cuadrante noroeste (NO) se ubican los cálidos y relativamente secos; en el cuadrante suroeste (SO), los eventos moderados; y en el cuadrante sureste (SE), los húmedos con temperatura moderada. Al superponer las olas de calor del clima futuro, se calculan los desplazamientos de los centros de masa de clima presente a clima futuro. Además, las series de olas de calor Tw-Tmax y Tw-Tmin son ajustadas a distribuciones normales bivariadas, y para cada distribución Tw-Tvar se obtiene una elipse representativa del percentil 90 que deja por fuera de la misma, aproximadamente al 10% de los eventos más anómalos. Además, se calculan las probabilidades acumuladas F_{PE}^{HIST} de las olas de calor de cada período (PE) a partir de los parámetros de ajuste a la distribución normal bivariada de HIST. Los cambios proyectados en F_{PE}^{HIST} se ilustran mediante boxplots, distinguiendo a los eventos por su ubicación en los cuadrantes. Entonces, los boxplots muestran tanto los cambios en las tipologías de las olas de calor, así como qué tan inusuales serán los eventos futuros respecto a los actuales.

3) RESULTADOS Y CONCLUSIONES

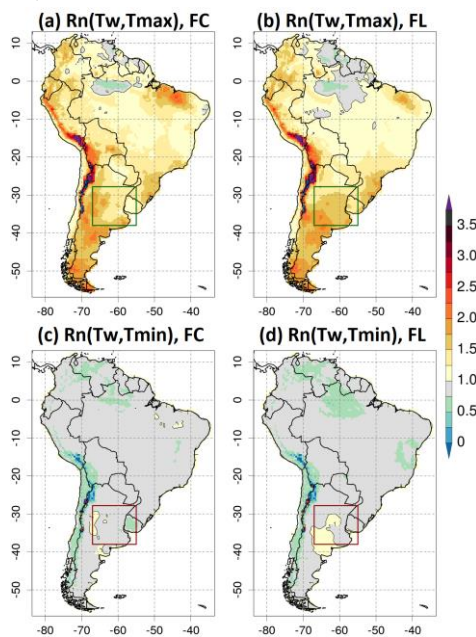


Figura 1. Razones de cambio de Tmax (primera fila) y Tmin (segunda fila) para FC (paneles a y c) y FL (paneles b y d).

En la Fig. 2 se muestran las elipses que representan el P90 de las distribuciones Tw-Tmax y Tw-Tmin de las olas de calor. Las elipses resultantes de Tw-Tmin tienen mayor excentricidad que las de Tw-Tmax, indicando que aumenta la probabilidad conjunta de que ocurran olas de calor con altos valores de Tmin y un alto contenido de humedad (las olas de calor se concentran en los cuadrantes NE y SO, Figs. 2c y 2d). En cambio, Tmax y Tw presentan una distribución aproximadamente homogénea entre los cuadrantes de Tw-Tmax

La primera fila de la Fig. 1 ilustra la razón de cambio Rn entre Tw y Tmax para la mediana del ensamble de modelos (ENS). El cambio proyectado en Tw es relativamente superior al proyectado en Tmax en casi todo SA (i.e., $Rn(Tmax) > 1$), con valores máximos en la cordillera de los Andes y en los subtropicos. En CEA, Rn aumenta hacia fin de siglo, indicando un cambio en la tasa de incrementos relativos entre ambas variables. Los cambios esperados en Tw son mayoritariamente menores que los esperados en Tmin ($Rn(Tmin) < 1$), siendo CEA la única región con valores superiores a la unidad, acentuados para FL. Sin embargo, los incrementos en Tw y Tmin son comparables entre sí en todo SA, sugiriendo un fuerte vínculo entre estas variables. En líneas generales, las proyecciones para CEA indican incrementos en Tw relativamente superiores a aquellos en Tmax y en Tmin, con una mayor velocidad de crecimiento de Tw respecto de Tmax y Tmin hacia fin de siglo. Esto destaca la necesidad de incluir a la humedad al momento de estudiar las proyecciones de los extremos cálidos en la región.

(Figs. 2a y 2b). Los vectores desplazamiento tienen módulo positivo y sentido NE en todos los casos, indicando un aumento en la probabilidad de ocurrencia de olas de calor con valores superiores de Tw, de Tmax y de Tmin con respecto al clima presente. La transición hacia olas de calor más húmedas y cálidas también se evidencia en los cambios de la distribución de los

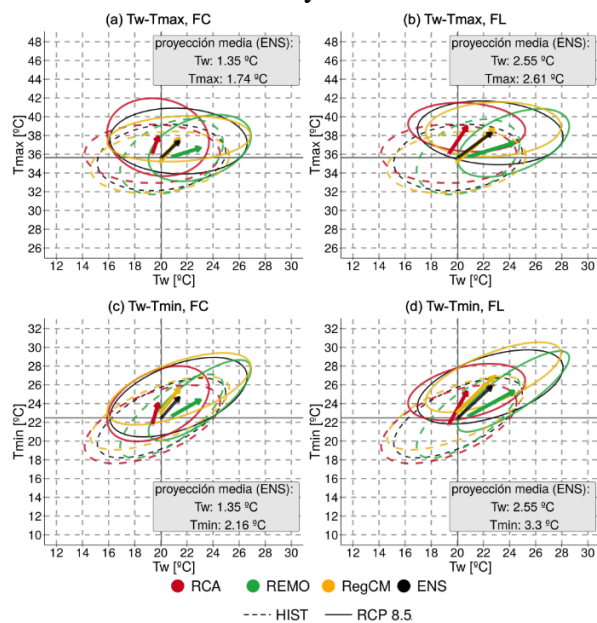


Figura 2. Las elipses indican el P90 de las distribuciones Tw-Tmax y Tw-Tmin de las olas de calor. Las líneas cortadas son para HIST y las sólidas para FC (paneles a y c) y FL (paneles b y d). Cada color indica un modelo, ENS (negro) es la media del ensamble, y los vectores son los desplazamientos de los centros de masa. Los cuadros grises exhiben las componentes cartesianas del vector ENS. Las unidades son °C.

calor en el cuadrante NE en detrimento de los eventos leves (cuadrante SO), que tienden a desaparecer. Los boxplots ponen en evidencia la magnitud de los cambios en cada tipología de olas de calor: la mediana de las proyecciones se posiciona fuera del rango intercuartílico de HIST en casi todos los casos, y las cajas del FL85 no se solapan con aquellas de HIST, indicando que los eventos proyectados son extremadamente improbables para el clima presente. Dado que los resultados sugieren que mayoritariamente aumentarán las olas de calor con altos valores de Tmax, Tmin y Tw conjuntos, resulta imperioso para los estudios de impacto trabajar con definiciones de olas de calor en el clima futuro que incluyan a estas variables. De lo contrario, se subestimaría el riesgo sanitario asociado al cambio climático.

REFERENCIAS

- Coffel E D et al (2018): Environ. Res. Lett, doi: 10.1088/1748-9326/aaa00e
 Im E S et al. (2017): Sci Adv, doi:10.1126/sciadv.1603322
 Mora C et al. (2017): Nature Clim Change, doi:10.1038/nclimate3322
 Pal J y Eltahir E (2016): Nature Clim Change, doi:10.1038/nclimate2833
 Piticar A (2019): Forum geografic, doi:10.5775/fg.2019.019.d
 Seneviratne S I et al. (2021): Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, doi:10.1017/9781009157896.013
 Sherwood S y Huber M (2010): PNAS, doi: 10.1073/pnas.0913352107
 Sherwood S and Fu Q (2014): Science, doi:10.1126/science.1247620
 Zaninelli P G et al. (2018): Clim Dyn, doi: 10.1007/s00382-018-4225-0

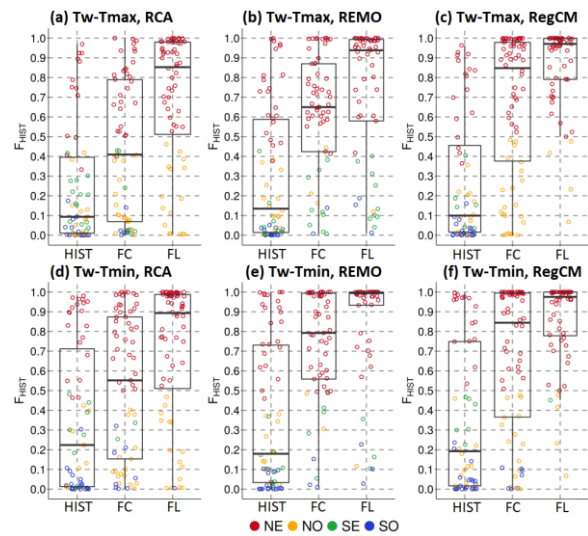


Figura 3. Boxplots de F_{PE}^{HIST} de las olas de calor para las distribuciones Tw-Tmax (primera fila) y Tw-Tmin (segunda fila). F_{PE}^{HIST} es adimensional. Cada columna corresponde a un modelo y cada caja dentro de cada panel, a un período: HIST, FC y FL. En colores se muestra el cuadrante de la elipse en el que se sitúa cada ola de calor.

eventos por cuadrantes (Fig. 3). Los boxplots muestran las series de F_{PE}^{HIST} de Tw-Tmax y Tw-Tmin de las olas de calor, indicando con colores los cuadrantes en los que se sitúa cada evento. Se proyecta un aumento de olas de

eventos por cuadrantes (Fig. 3). Los boxplots muestran las series de F_{PE}^{HIST} de Tw-Tmax y Tw-Tmin de las olas de calor, indicando con colores los cuadrantes en los que se sitúa cada evento. Se proyecta un aumento de olas de