

ANÁLISIS DE LA VARIABILIDAD DE EVENTOS EXTREMOS DE TEMPERATURA EN LA PENÍNSULA ANTÁRTICA

Eugenia M. Garbarini¹, Maria de los Milagros Skansi¹
egarbarini@smn.gob.ar

¹Servicio Meteorológico Nacional (SMN)

Palabras clave: Temperatura, eventos extremos, Antártida.

1) INTRODUCCIÓN

La Península Antártica es una región de gran dinamismo atmosférico y fuerte sensibilidad a las variaciones del sistema climático. Su ubicación y características geográficas la convierten en un área clave para el monitoreo de procesos que tienen impacto a escala regional y global. Para Argentina, el interés por este sector se traduce en una presencia científica sostenida a través de seis bases que operan de forma permanente, permitiendo generar y mantener series de datos meteorológicos continuos.

Numerosos estudios han documentado tendencias de calentamiento a lo largo de la Península Antártica (PA) occidental en invierno y primavera (Vaughan et al, 2003, Clem y Fogt, 2015) y en verano en el noreste (Orr et al, 2008) aunque la tasa de calentamiento ha disminuido en décadas recientes. El estudio de eventos extremos ha cobrado creciente interés con el desarrollo de indicadores específicos para su detección y seguimiento a partir de datos diarios. Turner y otros (2021) encontraron un aumento de los extremos cálidos de temperatura diaria en la PA especialmente hacia finales del siglo XX, decreciendo lentamente en años subsiguientes. También encontraron una disminución no significativa en los extremos fríos de temperatura con el tiempo. En Orcadas la bibliografía evidencia cambios significativos en los extremos cálidos de temperatura relacionados con una intensificación de los vientos oestes (Turner et al 2021) y cambios en los extremos fríos desde mediados del siglo XX (Zazulie et al, 2010). Investigaciones recientes, como la de Gorodetskaya et al. (2018), también destacan la relevancia de los extremos de temperatura en la dinámica regional de la PA y sus posibles implicancias sobre la criosfera.

En este marco, el presente trabajo examina la evolución y variabilidad de los extremos de temperatura en las bases argentinas permanentes en la Antártida, a partir del análisis de percentiles diarios de temperatura máxima y mínima.

2) METODOLOGÍA

Se utilizaron datos diarios de temperatura máxima (TMAX), y mínima (TMIN) del aire en las 6 bases que operan de forma permanente (Fig. 1) para el período común 01/01/1986 a 31/12/2024. Los datos faltantes fueron completados con su media correspondiente, aunque en todos los casos no superaron el 10% de la serie. Se calcularon los percentiles diarios 5 y 95 de temperatura (P5 y P95), utilizando el período base 1991-2020 y una ventana móvil de 5 días según Zhang et al. (2005). Se calculó la serie anual del porcentaje de días en el año que se hubiesen superado dichos umbrales, y se analizó su tendencia lineal y su significancia a través del test no paramétrico de Mann-Kendall (Mann, 1945; Kendall, 1975) utilizando un nivel de significancia de 0,05. A su vez, se definieron como eventos extremos cálidos (fríos) aquellos con temperatura máxima (mínima) superior al percentil P95 (inferior al percentil P5) durante al menos tres días consecutivos. Estos eventos se estudiaron en función de su fecha de inicio, duración y temperatura promedio.

2) RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se analizaron las series de porcentaje de días en el año en los que TMAX superó su P95, y en los que no superó su P5 (no mostrado). En Marambio, San Martín y Carlini se observó una tendencia positiva con un 95% de confianza, indicando un aumento significativo de la cantidad de días con TMAX extremas. Por otro lado, en San Martín, Carlini, Esperanza y Belgrano II se encontró una disminución significativa de la cantidad de días en el año donde la TMAX fue extremadamente baja (inferior a su P5). El estudio análogo con la TMIN mostró una reducción significativa del porcentaje de días en el año con TMIN muy frías en Esperanza y Carlini y una mayor cantidad de días anuales con TMIN extremadamente cálidas en Esperanza.

El estudio de eventos extremos de temperatura muestra un patrón generalizado de intensificación de eventos cálidos en la mayoría de las estaciones, particularmente a partir de la década de 2010, lo cual concuerda en parte con lo encontrado por Turner et. al (2021). En bases como San Martín (Fig. 2) y Orcadas, estos eventos han aumentado en términos de frecuencia y duración incluso durante los meses invernales.

En Marambio y Esperanza (figuras no mostradas), si bien no se observa un aumento sostenido en la frecuencia, sí destacan eventos cálidos de mayor duración. En contraste, los eventos fríos en el área de estudio han disminuido en frecuencia e intensidad, especialmente en las bases Carlini y Orcadas, donde en los últimos años del registro se reduce notablemente la ocurrencia. Sin embargo, algunas estaciones, como San Martín y Marambio, aún muestran eventos fríos relevantes aunque con características distintas: menor severidad térmica, pero mayor duración.

Bases argentinas permanentes en la Antártida

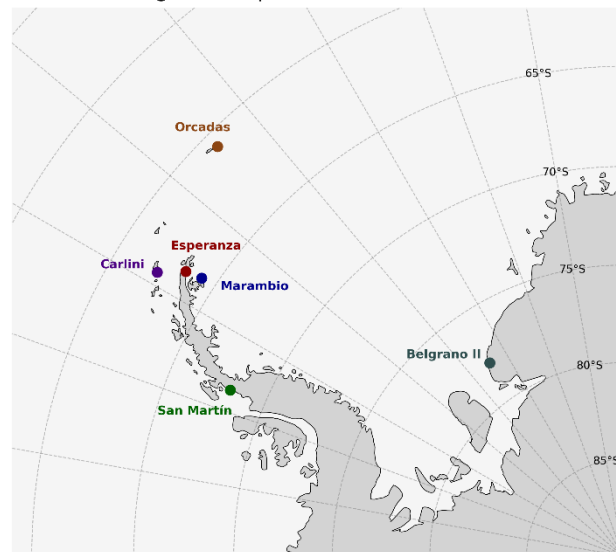


Figura 1: Mapa del área de estudio y distribución geográfica de las estaciones utilizadas.

Frecuencia mensual de eventos extremos de temperatura - San Martín

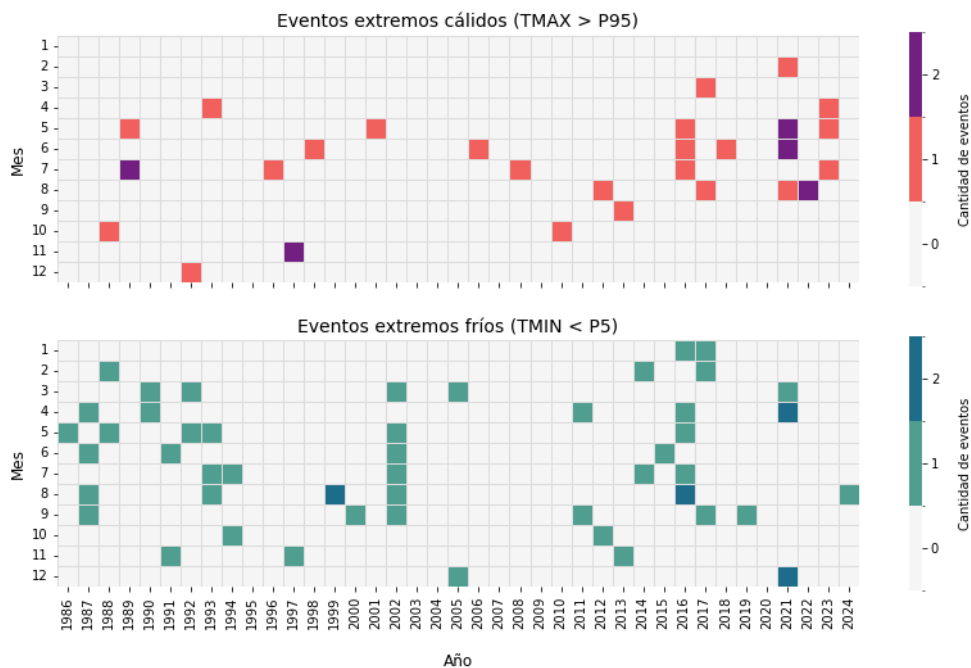


Figura 2: Heatmap de la frecuencia mensual de eventos extremos cálidos (panel superior) y de eventos extremos fríos (panel inferior) para la base San Martín

2) CONCLUSIONES

Este estudio evidencia una transformación en los extremos de temperatura en la región de la Península Antártica, con una reducción sostenida en la frecuencia e intensidad de los eventos fríos y una intensificación de los cálidos en varias de las bases estudiadas. En estaciones como Orcadas, San Martín y Belgrano II, los eventos cálidos han ganado presencia incluso en meses tradicionalmente fríos, lo que sugiere una mayor variabilidad térmica invernal. Por otro lado, estaciones como Carlini, Esperanza y Marambio muestran una disminución marcada de los eventos fríos desde los años 2000, acompañada por una mayor duración de los cálidos. Estos resultados refuerzan la necesidad de continuar con el monitoreo detallado en regiones polares para comprender mejor los cambios en la dinámica de los extremos de temperatura y su eventual impacto en las actividades que allí se desarrollan.

REFERENCIAS

- Clem, K.R.; Fogt, R.L. 2015:** South Pacific circulation changes and the connection to the tropics and regional Antarctic warming in austral spring, 1979-2012, *J. Geophys. Res. Atmos.*, 120, 2773–2792.
- Gorodetskaya, I.V., Durán-Alarcón, C., González-Herrero, S. et al. 2023:** Record-high Antarctic Peninsula temperatures and surface melt in February 2022: a compound event with an intense atmospheric river. *npj Clim Atmos Sci* 6, 202.
- Kendall, M.G. 1975:** Rank Correlation Measures. Charles Griffin, London.
- Mann, H.B. 1945:** Nonparametric Tests Against Trend. *Econometrica*, 13 (3), 245–259.
- Orr, A., Marshall, G. J., Hunt, J. C. R., Sommeria, J., Wang, C., van Lipzig, N. P. M., Cresswell, D., & King, J. C. 2008:** Characteristics of Summer Airflow over the Antarctic Peninsula in Response to Recent Strengthening of Westerly Circumpolar Winds. *Journal of the Atmospheric Sciences*, 65(4), 1396-1413.
- Turner, J., Lu, H., King, J., Marshall, G. J., Phillips, T., Bannister, D., & Colwell, S. 2021:** Extreme Temperatures in the Antarctic. *Journal of Climate*, 34(7), 2653-2668.
- Vaughan, D.G., Marshall, G.J., Connolley, W.M., Parkinson, C., Mulvaney, R., Hodgson, D.A., King, J.C., Pudsey, C.J., Turner, J. 2003:** Recent rapid regional climate warming on the Antarctic Peninsula, *Clim. Change*, 60, 243–274.
- Zazulie, N., M. Rusticucci, and S. Solomon, 2010:** Changes in climate at high southern latitudes: A unique daily record at Orcadas spanning 1903–2008. *J. Climate*, 23, 189–196.
- Zhang, X., Hegerl, G. C., Zwiers, F. W., & Kenyon, J. 2005:** Avoiding inhomogeneity in percentile-based indices of temperature extremes. *Journal of Climate*, 18(11), 1641–1651.