

# ESTUDIO DE LAS CARACTERÍSTICAS EXTREMAS DE UN EVENTO CONVECTIVO DESTRUCTIVO EN EL CENTRO DE ARGENTINA: 16–17 DE DICIEMBRE DE 2023

Matias Ballarin<sup>1</sup>, Paola Salio<sup>1,2,3</sup>, Ramón de Elia<sup>4</sup>, Marcos Saucedo<sup>4</sup>, Hernán Bechis<sup>1,2,3</sup>  
[matidorrego02@gmail.com](mailto:matidorrego02@gmail.com)

<sup>1</sup>Universidad de Buenos Aires, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Ciencias de la Atmósfera y los Océanos. Buenos Aires, Argentina

<sup>2</sup>CONICET - Universidad de Buenos Aires. Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA). Buenos Aires, Argentina

<sup>3</sup>CNRS - IRD - CONICET - UBA. Instituto Franco-Argentino para el estudio del Clima y sus Impactos (IRL 3351 IFAECI). Buenos Aires, Argentina

<sup>4</sup>Servicio Meteorológico Nacional. Buenos Aires, Argentina

**Palabras clave:** Eventos extremos, viento destructivo, índice de intensidad de vaguadas.

## Introducción

Durante el 16 y 17 de diciembre de 2023 se desarrollaron eventos convectivos sobre la región centro de Argentina que provocaron grandes daños y pérdidas humanas. El sistema convectivo más importante comenzó a formarse en las cercanías de Bahía Blanca en horas de la tarde del día 16 y luego se desplazó hacia el noreste, llegando a la Ciudad Autónoma de Buenos Aires (CABA) en la madrugada del día 17. El temporal tuvo su mayor impacto en estos dos conglomerados urbanos, aunque los daños se observaron en todo el trayecto que une ambas ciudades. Más tarde, el sistema comenzó a disiparse sobre el centro de Uruguay. Este evento se caracterizó por eventos de vientos muy destructivos, dando lugar a numerosas caídas de árboles, daños en infraestructura urbana y viviendas. En Bahía Blanca sucedió el hecho más trágico de todos donde los fuertes vientos provocaron la caída del gimnasio del club Bahiense del Norte dejando un saldo de 13 muertos. Videos en redes sociales registran como aviones que estaban estacionados en el Aeroparque Jorge Newberry (CABA) se desplazan y giran a causa del viento. Dada la extensión e impacto del evento, es razonable considerar la posibilidad de que se haya tratado de un "derecho". Una descripción detallada de este evento se encuentra en Saucedo y otros (2024). El objetivo de este estudio es analizar el entorno dinámico y termodinámico que favoreció el desarrollo de este evento tan destructivo, identificando parámetros que puedan explicar las características extremas de esta situación.

## Metodología

Se utilizaron datos de reanálisis ERA5 proporcionados por el ECMWF cada 6 horas (00, 06, 12 y 18 UTC) durante el periodo 1991-2023 (Hersbach H, Bell B, Berrisford P, et al., 2020). Las principales variables utilizadas fueron geopotencial en 500 hPa, dirección y magnitud del viento en 800 y 750 hPa y agua precipitable en toda la vertical.

A fin de analizar el entorno termodinámico se tuvieron en cuenta los sondeos de Santa Rosa Aero a las 12 UTC (que es la estación más cercana a Bahía Blanca, aproximadamente a 290 km de distancia) correspondientes a los meses de verano del periodo 1991–2020.

A fin de analizar el entorno dinámico, se buscó un parámetro que permitiera analizar la ubicación y la intensidad de la vaguada situada sobre el Pacífico Sur (ver figura 1), para ello se consideró la metodología propuesta por Bradbury et al. (2002), considerando el Trough Axis Index (TAI) y Trough Intensity Index (TII). Estos índices se aplicaron de forma diaria a lo largo de todo el periodo estudiado, lo que permite comparar nuestro caso con una climatología de referencia.

El TAI se calculó para un dominio comprendido entre 65°W, 110°W, 30°S y 50°S. Para llevar a cabo este índice se calcula en qué longitudes se da el mínimo de geopotencial en las siguientes 5 latitudes: 30, 35, 40, 45 y 50°S. Luego se promedian esas longitudes para obtener un valor de referencia y así obtener la ubicación de la vaguada:

$$TAI = \frac{1}{5} \sum_{30^{\circ}S}^{50^{\circ}S} Lon[H_{Min}] \quad (1)$$

Sí hay más de 10° grados diferencia entre dos mínimos consecutivos no se calcula el TAI. Tampoco se calcula sí alguno de los mínimos coincide con los bordes laterales (en este caso 65°W o 110°W) ya que esto introduciría un cierto bias en el cálculo de la ubicación de la vaguada.

Para todos aquellos casos que contaban con un valor de TAI, se procedió a calcular el TII. Este índice, como se comentó más arriba, da cuenta de la intensidad de la vaguada. Se calcula como una diferencia entre 3 puntos a una latitud constante (40°S). Para dicho índice se tiene en cuenta el mínimo de geopotencial entre 65 y 110°W y el valor del geopotencial 30° más al este y oeste de la ubicación de dicho mínimo.

$$TII_{40^{\circ}S} = - \left\{ [(H_{Min})_i - H_{i+30^{\circ}}] + [(H_{Min})_i - H_{i-30^{\circ}}] \right\} / 2 \quad (2)$$

Cabe resaltar que el subíndice *i* es el valor de la longitud donde se encuentra el mínimo de geopotencial en 40°S.

## Resultados y Conclusiones

El campo de geopotencial en 500 hPa del 16/12/2023 (promedio diario con datos cada 6 h) indica la presencia de una vaguada intensa en el Pacífico Sur (Figura 1). Esta vaguada favorece los movimientos verticales cuasigeostroficados sobre la región centro de Argentina. Uno de los objetivos de este trabajo es estudiar qué tan extrema fue esta vaguada, no solo para esta época del año (verano) sino también para otras estaciones. En la figura 2, podemos ver la distribución de los valores de TII para el periodo 1990-2023. El bin en rojo indica en donde se ubica el valor de TII correspondiente a nuestro caso de estudio (430 mgp). Cuanto mayor sea el valor de TII mayor será la intensidad de la vaguada. El valor de TII de nuestro caso se encuentra en la cola de la distribución, superando el percentil 95. De hecho, al clasificar estos valores según la estación del año obtenemos que el valor de TII para el 16/12/2023 supera el percentil 95 para todas las estaciones, incluso invierno (no se muestra).

En cuanto a la inestabilidad, el valor de MUCAPE (en Santa Rosa Aero) para el evento en cuestión fue de 3124 J/kg. Para evaluar cuán extremo es este valor, se consideraron todos los valores disponibles de MUCAPE correspondientes a los veranos del periodo 1991-2020. La figura 3 muestra la distribución de todos estos valores.

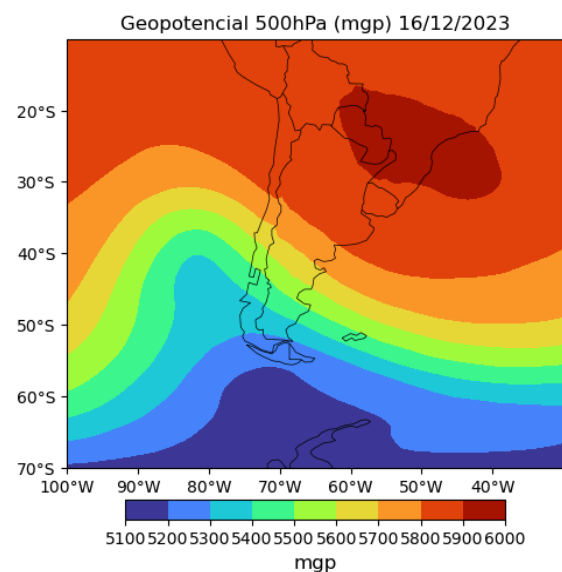


Fig 1. Geopotencial en 500 hPa (mgp) válido para el 16/12/2023 (promedio de 4 tiempos)

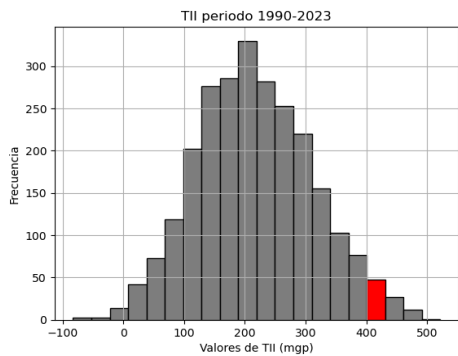


Fig 2. Distribución de los valores de TII (mmp) durante el periodo 1990-2023. El bin en rojo indica donde se ubica el TII correspondiente al 16/12/2023 (430 mmp)

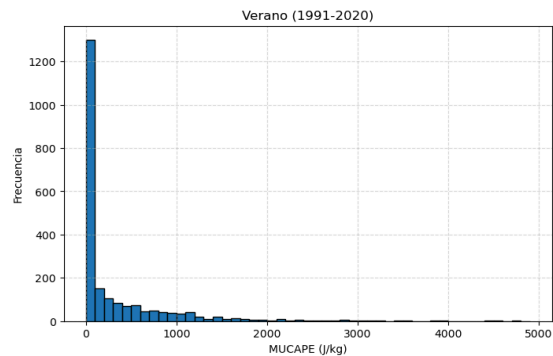


Fig 3. Distribución de los valores de MUCAPE (J/kg) durante los veranos del periodo 1991-2020

El valor de MUCAPE correspondiente para nuestro evento supera el percentil 99 en la distribución. Aun así, si sólo consideramos los valores de MUCAPE mayores 100 J/kg se supera el percentil 98 en la distribución (no se muestra). Una limitación al usar sondeos observados radica en que no todos los días existen sondeos disponibles. Y aun así, cuando tenemos sondeos disponibles no siempre los datos son correctos ya que existen errores de medición, dando lugar a valores de MUCAPE negativos o extremadamente grandes. Para solucionar este problema, para futuros trabajos se propone usar el MUCAPE del reanálisis para el punto de grilla más cercano a Bahía Blanca, incluso no solo a las 12 UTC sino en horas de la tarde cuando la inestabilidad alcanza su máximo.

La inestabilidad presente en la atmósfera en estas latitudes puede ser atribuida a un flujo del norte en niveles bajos que se dio en forma persistente durante el día 16 (no se muestra). A partir del criterio de Bonner (1968) se puede identificar un Low Level Jet (LLJ) que llegó hasta latitudes altas ( $\approx 40^\circ\text{S}$ ). Este LLJ promovió la advección cálida y húmeda desde latitudes bajas ( $25^\circ\text{S}$ ) hasta regiones adyacentes a Bahía Blanca. Del análisis dinámico y termodinámico de esta situación es posible concluir que este tipo de situación se encuentra en los extremos climatológicos para la región.

**Agradecimientos:** Proyecto SNF SPIRIT: “UnWeather Vizard: Visualización e Interpretación de la Incertidumbre en Pronósticos Numéricos de Alta Resolución”

## Referencias

Bonner, W. D., 1968: Climatology of the Low Level Jet. *Mon. Wea. Rev.*, **96**, 833–850, [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1968\)096<0833:COTLLJ>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1968)096<0833:COTLLJ>2.0.CO;2).

Bradbury, J. A., B. D. Keim, and C. P. Wake, 2002: U.S. East Coast Trough Indices at 500 hPa and New England Winter Climate Variability. *J. Climate*, **15**, 3509–3517, [https://doi.org/10.1175/1520-0442\(2002\)015<3509:USECTI>2.0.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0442(2002)015<3509:USECTI>2.0.CO;2).

Hersbach H, Bell B, Berrisford P, et al., 2020: The ERA5 global reanalysis. *Q J R Meteorol Soc.*; 146: 1999–2049. <https://doi.org/10.1002/qj.3803>

Saucedo, M., R. de Elía, L. Vidal, C. Matsudo, S. Righetti, A. Cejas, D. Diaz, N. Pérez, P. Hobouchian, R. Vasques Ferro, C. Ribero, M. Patanella, P. Irurzun, H. Bechis, D. D’Amen, P. Salio, Y. García Skabar, S. Pérez, C. Sánchez, C. Fiol, R. Vidal, 2024: Evento de vientos destructivos sobre el centro de Argentina durante el 16 y 17 de diciembre de 2023. Nota Técnica SMN 2024-19, <https://repositorio.smn.gob.ar/handle/20.500.12160/2889>