

# SIMILITUDES Y DIFERENCIAS EN LOS ENTORNOS ASOCIADOS A TORMENTAS SEVERAS Y NO-SEVERAS EN EL NORTE DE LA PATAGONIA

Hernán Bechis<sup>1,2,3</sup>, Maite Cancelada<sup>1</sup>, Paola Salio<sup>1,2,3</sup>, Juan Ruiz<sup>1,2,3</sup>  
hernan.bechis@cima.fcen.uba.ar

<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.

**Palabras clave:** Tiempo Severo, Lightning Jump, Patagonia.

## 1) INTRODUCCIÓN

El desarrollo de la convección húmeda profunda en el norte de la Patagonia y sur de la región Pampeana tiene un importante impacto sobre la población y las actividades económicas. Las tormentas de granizo representan una preocupación latente en los agricultores del Alto Valle de Río Negro (Rodríguez y Muñoz, 2017). Además, la actividad eléctrica representa un riesgo para las actividades al aire libre y es la principal responsable de la generación de incendios por causas naturales. Es por ello que resulta de suma importancia avanzar hacia estudios que se enfoquen en los mecanismos asociados al desarrollo de tormentas en la región, y que describan las características favorables para el desarrollo de tiempo severo. Estudios de este tipo contribuyen a generar un marco conceptual y herramientas concretas que permitirán mejorar los pronósticos en la zona, en vistas de mejorar los sistemas de alerta temprana y dar lugar a un mejor aprovechamiento de los recursos económicos de la región.

Una de las principales dificultades para los estudios relacionados con la ocurrencia de tiempo severo es la ausencia de reportes, en especial en zonas poco pobladas y con una densidad muy baja de observaciones meteorológicas, como lo es gran parte del norte de la Patagonia. Es por ello que el uso de sensores remotos para la detección de proxys de tiempo severo resulta sumamente útil en la región. En particular, el sensor GLM (Geostationary Lightning Mapper) a bordo del satélite GOES-16 permite mapear la actividad eléctrica asociada a una tormenta, lo que puede ser aprovechado para identificar incrementos repentinos en dicha actividad, conocidos con el nombre de “*lightning jumps*” y cuya aparición suele anticipar el desarrollo de tiempo severo (Schultz, 2009).

Con el fin de contribuir al estudio de la convección húmeda profunda en el norte de la Patagonia, en este trabajo se analizan las características de las tormentas que allí se inician, haciendo énfasis en las diferencias entre aquellas que desarrollan *lightning jumps* (y que pueden considerarse severas) y aquellas que no lo hacen.

## 2) DATOS Y METODOLOGÍA

En este trabajo se utilizan datos de los sensores ABI (Advanced Baseline Imager) y GLM a bordo del satélite GOES-16, en el período Junio 2018 - Mayo 2021. Las observaciones de flashes obtenidas por el GLM son acumuladas en el período entre observaciones del ABI (10 o 15 min según la fecha), y se realiza una clusterización utilizando el algoritmo DBSCAN (Ester y otros, 1996) con el fin de individualizar las tormentas presentes en ese período. Una vez individualizada una tormenta a partir de su actividad eléctrica, se utilizan imágenes satelitales en la ventana del infrarrojo (10.3  $\mu\text{m}$ ) y el algoritmo de seguimiento de núcleos

convectivos BAB3T (Cancelada y otros, 2020) para identificar la trayectoria de cada tormenta durante todo su ciclo de vida. Luego, a partir de esta trayectoria, se identifican los flashes asociados a esa tormenta en intervalos de 1 minuto y se corre el algoritmo de detección de *lightning jump* 2-sigma (Schultz, 2009). De esta manera, se genera una base de datos de tormentas “severas” (i.e. aquellas con *lightning jump*) y no severas (sin *lightning jump*). Finalmente, utilizando datos del reanálisis ERA5 (Hersbach y otros 2020), se extraen perfiles verticales de la atmósfera en el tiempo y lugar más cercano a la hora de inicio de cada tormenta, y se calculan diferentes parámetros convectivos como CAPE, cortante, helicidad relativa a la tormenta y el nivel de condensación por ascenso.

### 3) RESULTADOS

El análisis durante el período considerado indica que en la región del norte de la Patagonia compuesta por las provincias de Río Negro, Neuquén y el sur de La Pampa la iniciación de tormentas presentan un marcado ciclo anual y diurno. Las tormentas se desarrollan mayormente durante los meses cálidos de noviembre a marzo, con un máximo de iniciaciones en el mes de noviembre y durante las horas de la tarde (no se muestra), evidenciando el rol predominante del calentamiento superficial para el desarrollo de la convección en la región.

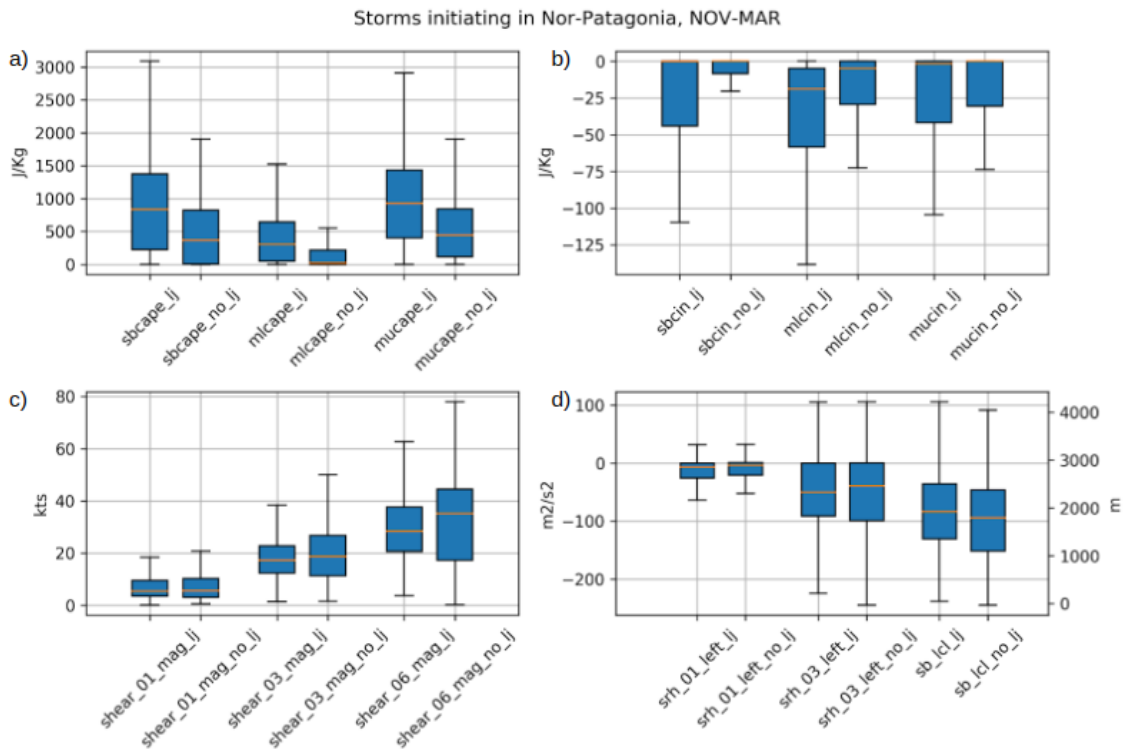


Figura 1: Diagrama de cajas con la distribución de a) CAPE de superficie (sbcape), en la capa de mezcla (mlcape) y de la parcela más inestable (mucape) para las tormentas que presentan *lightning jump* (lj) y las que no (no\_lj). b) Inhibición convectiva (CIN), c) magnitud de la cortante en las capas 0-1, 0-3 y 0-6 km y d) helicidad relativa a la tormenta (srh) en las capas 0-1 y 0-3 km y nivel de condensación por ascenso (lcl).

La Figura 1 muestra la distribución de los diferentes parámetros convectivos obtenidos a partir de los perfiles verticales ERA5 tanto para las tormentas severas como para las que no lo son. Como es esperable, existen diferencias marcadas en las magnitudes del CAPE y CIN (Fig. 1 a-b), siendo mucho mayores en la muestra de casos con *lightning jump*. En tanto, los valores de magnitud de la cortante 0-1, 0-3 y 0-6 km son similares, e incluso algo mayores en

los casos no severos (Fig. 1 c). También hay pocas diferencias en los valores de helicidad relativa a la tormenta, mientras que el nivel de condensación por ascenso es algo mayor en los casos severos (Fig. 1 d).

Los entornos con mayor CIN restringen la liberación de inestabilidad, favoreciendo la acumulación de CAPE durante un período más largo, lo que resulta favorable para el desarrollo de tormentas más intensas. Esta acumulación de CAPE se ve favorecida por un mayor período de aprovechamiento del calentamiento diurno y, posiblemente, por un mayor ingreso de humedad en niveles bajos relacionado con la respuesta del campo de vientos al fortalecimiento de una vaguada de origen térmico en el norte patagónico. Además, los niveles de condensación por ascenso más altos en los casos severos están asociados a capas límites profundas y bien mezcladas que, de acuerdo a Mulholland y otros (2021), contribuyen a ascendentes más anchas y vigorosas, y por tanto a una mayor severidad en las tormentas.

Si bien el forzante dinámico asociado a una mayor cortante suele propiciar una mayor organización y longevidad de las tormentas, en los casos sin *lightning jump*, en los que el CAPE es bajo, dicha cortante parece ser perjudicial, probablemente debido al efecto negativo del arrastre de aire seco sobre la intensidad de las ascendentes. Esto se sugiere de analizar las distribuciones conjuntas de CAPE y cortante (no se muestran). La distribución de casos sin *lightning jump* presenta mayores frecuencias en el espacio de alta cortante y bajo CAPE, en comparación con los casos con *lightning jump*, en los que las frecuencias se agrupan más en la región de CAPE bajo/moderado y cortante 0-6 km en el rango entre 20 y 40 kts.

## REFERENCIAS

**Cancelada, M., Salio, P., Vila, D., Nesbitt, S. W., & Vidal, L. (2020).** Backward Adaptive Brightness Temperature Threshold Technique (BAB3T): A methodology to determine extreme convective initiation regions using satellite infrared imagery. *Remote Sensing*, 12(2), 337. doi: <http://dx.doi.org/10.3390/rs12020337>

**Ester, M., Kriegel, H. P., Sander, J., & Xu, X. (1996).** A density-based algorithm for discovering clusters in large spatial databases with noise. In *kdd* (Vol. 96, No. 34, pp. 226-231). doi: <https://dl.acm.org/doi/10.5555/3001460.3001507>

**Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Hirahara, S., Horányi, A., Muñoz-Sabater, J., ... & Thépaut, J. N. (2020).** The ERA5 global reanalysis. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 146(730), 1999-2049. doi: <https://doi.org/10.1002/qj.3803>

**Mulholland, J. P., Peters, J. M., & Morrison, H. (2021).** How does LCL height influence deep convective updraft width?. *Geophysical Research Letters*, 48(13). doi: <https://doi.org/10.1029/2021GL093316>

**Rodríguez, A. y Muñoz, A. (2017).** Granizo: Estudio de variabilidad climática en los valles Norpatagónicos. INTA Ediciones.

**Schultz, C. J., Petersen, W. A., & Carey, L. D. (2009).** Preliminary development and evaluation of lightning jump algorithms for the real-time detection of severe weather. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 48(12), 2543-2563. doi: <https://doi.org/10.1175/2009JAMC2237.1>