

# RELACIÓN ENTRE LOS CICLONES EXTRATROPICALES Y LA ACTIVIDAD ELÉCTRICA EN EL SUR DE SUDAMÉRICA

Florencia I. Solari<sup>1,2,\*</sup>, Josefina Blázquez<sup>1,2</sup>, M. Gabriela Nicora<sup>3,4,5</sup>

\* [fsolari@fcaglp.unlp.edu.ar](mailto:fsolari@fcaglp.unlp.edu.ar)

<sup>1</sup>Grupo de Investigación en Clima, Variabilidad y Extremos (CLAVE), Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas (FCAG), Universidad Nacional de La Plata (UNLP)

<sup>2</sup>Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

<sup>3</sup>Centro en Láseres y Aplicaciones (CEILAP), CITEDEF y UNIDEF (MINDEF-CONICET)

<sup>4</sup>Instituto Franco-Argentino para el Estudio del Clima y sus Impactos (IRL 3351 IFAECI), (CNRS-IRD-CONICET-UBA)

<sup>5</sup>Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas (FCAG), Universidad Nacional de La Plata (UNLP)

**Palabras clave:** ERA5, WGLC, climatología sinóptica.

## 1) INTRODUCCIÓN

Los ciclones (y anticiclones) son la característica dominante en las cartas de superficie en latitudes medias, siendo esenciales para analizar las características climáticas en regiones extratropicales (Wernli, 2006). En Australia, los ciclones con actividad eléctrica en el mismo lugar ocurren en un 7% de los días pero son responsables del 28% de los días con precipitación (Pepler *et al*, 2020). Considerando la escasez de estudios sobre actividad eléctrica producida por sistemas sinópticos de latitudes medias, y la importancia de los ciclones y los rayos en la región, el objetivo de este trabajo es analizar la relación entre la actividad eléctrica y los ciclones extratropicales en el sur de Sudamérica.

## 2) METODOLOGÍA

La región de estudio se extiende desde 110°W a 30°W y desde 15°S hasta 65°S. El periodo de estudio es 2010-2021, y se encuentra determinado por la disponibilidad de datos de descargas eléctricas.

La actividad eléctrica se caracterizó a partir de la base de datos de la *World Wide Lightning Location Network (WWLLN) Global Lightning Climatology (WGLC)* (Kaplan & Lau, 2021), la cual tiene datos grillados diarios con una resolución horizontal de 0,5° \* 0,5°.

Los ciclones se caracterizaron a partir de variables meteorológicas del reanálisis ERA5 (Hersbach *et al*, 2023), el cual tiene una resolución espacial de 0,25° \* 0,25°. Aunque la resolución temporal nativa es horaria, se convirtió en diaria para que coincida con la WGLC.

Para identificar los ciclones se diseñó un algoritmo similar al de Wernli *et al* (2006), en el cual se identifican las regiones cerradas que contienen mínimos de geopotencial o presión en su interior. En este caso, en lugar de contornos cerrados cada 2 hPa en la presión de superficie, se realizó un proceso iterativo, con paso de 30 m, identificando todos los puntos pertenecientes a una misma región continua y cerrada con geopotencial en 1000 hPa menor al valor de referencia.

Para descartar regiones de baja presión que no se correspondan con ciclones extratropicales (bajas asociadas a efectos del terreno, bajas térmicas, y regiones pequeñas fuera de la escala sinóptica) se agregan dos condiciones: cada región cerrada debe alcanzar una vorticidad de al menos  $-8 \cdot 10^{-5} \text{ s}^{-1}$  en algún punto interior y, a su vez, la “profundidad” del sistema (diferencia entre el valor máximo y el mínimo dentro de la región) debe ser de al menos 15 m. Todos los

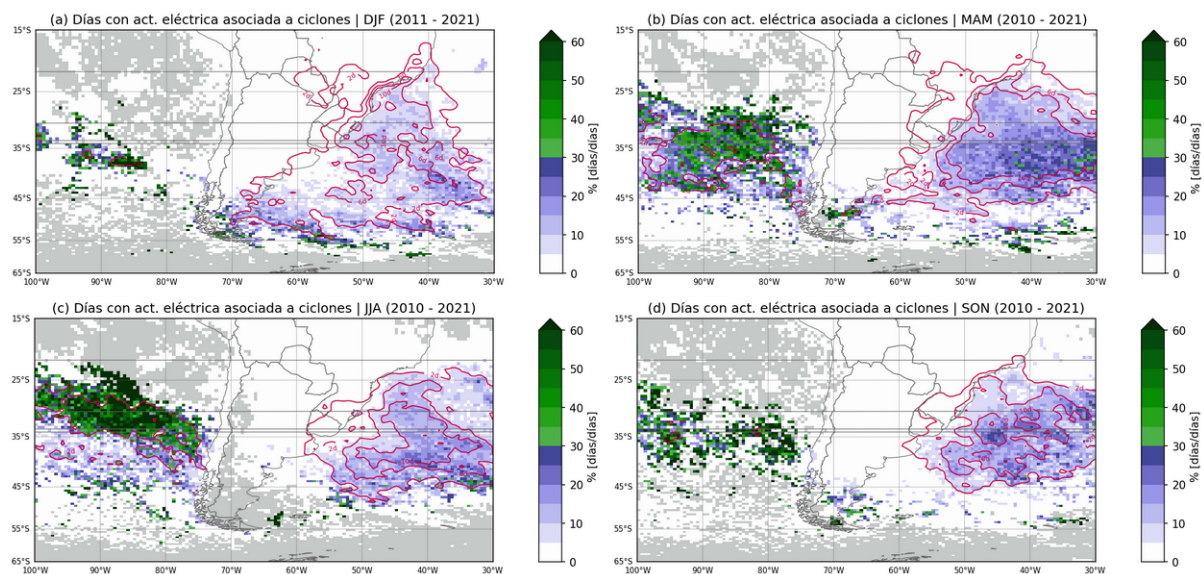
cálculos se realizan para puntos donde la elevación del terreno es menor a 1500 m.

### 3) RESULTADOS

Los ciclones extratropicales son más frecuentes sobre los océanos que sobre el continente, en todas las estaciones (no mostrado). En primavera y otoño, las mayores frecuencias (alrededor del 7% de los días de la estación) se dan sobre el Océano Atlántico, entre 35°S y 45°S, mientras que las frecuencias más altas en el continente (cerca del 2%) ocurren en el sur de la Patagonia y el este del continente (Buenos Aires, Uruguay, sur de Brasil).

En verano, los ciclones son más frecuentes (8%) en el Atlántico Sur, alrededor de 60°S; en el continente, la mayor frecuencia (~2%) ocurre en Patagonia. Por último, a diferencia de las otras estaciones, en invierno los ciclones son igualmente frecuentes en el Océano Pacífico que en el Atlántico, alcanzando frecuencias de ocurrencia del 8% sobre regiones al sur de 40°S.

A continuación, se analiza, para cada estación, el porcentaje de días con actividad eléctrica asociada a ciclones sobre el total de días con actividad eléctrica, mostrado en la Figura 1. Sobre el continente, salvo en el sur de la Patagonia, la actividad eléctrica no puede ser explicada por los ciclones extratropicales. En cambio, en el Atlántico entre 25°S y 45°S, hasta el 30% de los días con actividad eléctrica están asociados con ciclones. En el Pacífico, este porcentaje llega a duplicarse; sin embargo, la actividad eléctrica sobre el Pacífico es muy poco frecuente (e.g., Solari *et al.*, 2025\*).

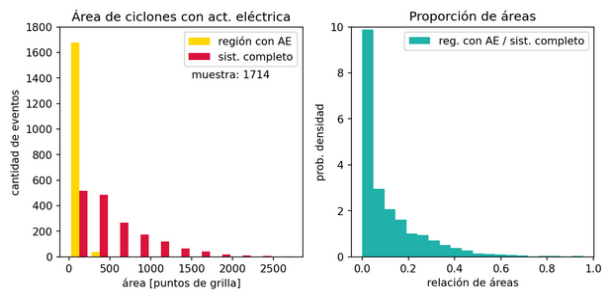


**Figura 1.** Días totales en el período con actividad eléctrica asociada a ciclones (contorno) y porcentaje sobre el total de días con actividad eléctrica para (a) verano, (b) otoño, (c) invierno, y (d) primavera.

Luego se analiza el porcentaje de ciclones extratropicales que presentan actividad eléctrica asociada localmente (es decir, sobre el mismo punto de grilla y en el mismo tiempo) sobre el total de días con ciclones (no mostrado), encontrándose que este valor alcanza hasta un 40% sobre el Atlántico. En cambio, cuando se considera el porcentaje de ciclones con actividad eléctrica en alguna parte del sistema, estos valores van desde 60% en 50°S, aumentando hacia el norte, hasta superar el 90%. Es decir, la mayoría de los ciclones sobre el Atlántico -y también sobre el Pacífico y el este de Sudamérica- presentan actividad eléctrica en alguna parte del sistema.

La Figura 2 muestra, para el período completo, la distribución de áreas de los ciclones con actividad eléctrica, tanto del sistema completo como de la región con descargas. Cerca de dos

tercios de los ciclones tienen un área de 500 puntos de grilla o menor (aprox. < 240.000 km<sup>2</sup>), y la cantidad de casos decae suavemente para áreas mayores. En cambio, la región con actividad eléctrica de estos mismos sistemas ocupa un área menor a 250 puntos de grilla (~120.000 km<sup>2</sup>). Realizando el cociente entre estas dos áreas para cada sistema (Figura 2b), se observa que en la mayor parte de los casos, el área con actividad eléctrica representa menos del 5% del área total del sistema. A mayores proporciones, la frecuencia de casos disminuye, siendo que casi no se observan sistemas en los que la región con actividad eléctrica represente más del 40% del área total del mismo. Este comportamiento se repite en cada estación por separado (no mostrado).



**Figura 2.** Izquierda: histograma de áreas (en cantidad de puntos de grilla) de ciclones extratropicales (rojo) y la región de los mismos asociada a actividad eléctrica (amarillo). Derecha: distribución de la proporción entre la región con actividad eléctrica del ciclón y el área total del sistema.

En Patagonia Sur, los ciclones extratropicales pueden explicar hasta el 40% de la actividad eléctrica, mientras que en el resto del continente no resultan particularmente relevantes.

## REFERENCIAS

- Hersbach, H., Bell, B., Berrisford, P., Biavati, G., Horányi, A., Muñoz Sabater, J., Nicolas, J., Peubey, C., Radu, R., Rozum, I., Schepers, D., Simmons, A., Soci, C., Dee, D., Thépaut, J-N., 2023:** ERA5 hourly data on pressure levels from 1940 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS).
- Kaplan, J. O., Lau, K. H.-K., 2021:** The WGLC global gridded lightning climatology and time series. *Earth System Science Data*, vol. 13, no 7, p. 3219-3237.
- Pepler, A. S., Dowdy, A. J., Van Rensch, P., Rudeva, I., Catto, J. L., Hope, P., 2020:** The contributions of fronts, lows and thunderstorms to southern Australian rainfall. *Climate Dynamics*, 2020, vol. 55, p. 1489-1505.
- Solari, F. I., Nicora, M. G., Blazquez, J., 2025:** Relationship between frontal systems and lightning over southern South America. *Atmospheric Research*. Enviado febrero 2025, en revisión.
- Wernli, H., Schwierz, C., 2006:** Surface cyclones in the ERA-40 dataset (1958–2001). Part I: Novel identification method and global climatology. *Journal of the atmospheric sciences*, vol. 63, no 10, p. 2486-2507.

## 4) CONCLUSIONES

La mayoría de los ciclones en latitudes medias presentan actividad eléctrica. Sin embargo, el área donde ocurren descargas es mucho más pequeña que el sistema total, ocupando menos del 5% de los puntos de grilla en la mayoría de los casos, y menos del 40% en casi la totalidad de los eventos.

Aunque no son muy frecuentes en el Océano Pacífico, estos sistemas pueden explicar gran parte de los días con actividad eléctrica en la región (que es poco estudiada debido a su escasa frecuencia de descargas). Sobre el Océano Atlántico, estos sistemas alcanzan frecuencias del 10%, pero pueden explicar hasta el 30% de los días con actividad eléctrica.