

CLIMATOLOGÍA DE TORMENTAS EN UN VALLE DEL NOROESTE ARGENTINO MEDIANTE SENSORES REMOTOS Y REANÁLISIS

Fabrizio Lopretto, Luciano Vidal
flopretto@smn.gob.ar.

Servicio Meteorológico Nacional (SMN)

Palabras clave: Tormentas, RMA-11, GLM, ERA-5, WRF-SMN.

1) INTRODUCCIÓN

En el Noroeste Argentino (NOA), la Depresión del Noroeste Argentino (DNOA) modula la humedad y las precipitaciones (Ferreira, 2008), mientras que la convergencia de masa en niveles bajos es un factor determinante en la iniciación de tormentas (Vidal, 2014).

Además, la caracterización de tormentas ha sido abordada mediante estudios de reflectividad de radar, estableciendo umbrales que permiten identificar eventos convectivos intensos y presencia de granizo (Vidal y otros, 2020).

Este trabajo analiza las tormentas en un valle del NOA entre diciembre y febrero de las temporadas 2019-2024 utilizando datos de sensores remotos y reanálisis. Se investigan patrones atmosféricos previos a las tormentas y se analiza la variación de humedad específica con los campos iniciales del modelo *Weather Research and Forecasting* del Servicio Meteorológico Nacional (WRF-SMN), con 4 km de resolución (Dillon y otros, 2020).

2) DATOS Y METODOLOGÍA

Se utilizaron datos de actividad eléctrica del sensor *Geostationary Lightning Mapper* (GLM) del satélite GOES-16 (Goodman y otros, 2013) y del Radar Meteorológico Argentino 11 (RMA-11) perteneciente al SINARAME y ubicado en Termas de Río Hondo, para detectar tormentas eléctricas en el valle entre diciembre de 2019 y febrero de 2024.

Se considera que hay una tormenta eléctrica en el valle cuando se detecta al menos un *flash* mediante el sensor GLM del GOES-16, y el mapeo ocurre dentro del intervalo temporal de un volumen del radar RMA-11 que presenta una reflectividad horizontal igual o superior a 45 dBZ en la zona del valle.

Se analizó el comportamiento sinóptico de los días con tormenta eléctrica mediante el cálculo de anomalías de diversas variables, siendo obtenidas de los reanálisis de ECMWF *Reanalysis 5th Generation* (ERA-5) (Hersbach y otros, 2023). Las anomalías se calcularon comparando los valores medios diarios de los días con tormenta con los valores climatológicos del período 2003-2023.

Para estudiar la dinámica atmosférica en el valle, se utilizaron los campos iniciales de alta resolución del modelo WRF-SMN inicializados con el modelo global *Global Forecast System* (GFS). Los aportes de los términos de advección y convergencia de humedad específica sobre la tasa local se calcularon a partir de la Ecuación 1:

$$\partial q / \partial t = -u \cdot \partial q / \partial x - v \cdot \partial q / \partial y - q \cdot (\partial u / \partial x + \partial v / \partial y) \quad (1)$$

Donde x e y son la distancia longitudinal y latitudinal respectivamente, t es el tiempo, u y v son las componentes zonal y meridional del viento respectivamente, y q es la humedad específica.

3) RESULTADOS

En cuanto a la distribución espacial de los *flashes*, se encontraron los mayores valores en las laderas oriental y occidental del valle, especialmente en el ingreso al mismo desde el norte. Cabe mencionar que la cantidad total de *flashes* contabilizados en el valle fue de 85952, si se consideran mapeos en los que se verifica el criterio propuesto. En el caso de los volúmenes con $Z \geq 45$ dBZ, se detectó un máximo en el piedemonte occidental, aunque en la zona oriental no se observó el mismo patrón claro. Estos resultados se muestran en la Figura 1.

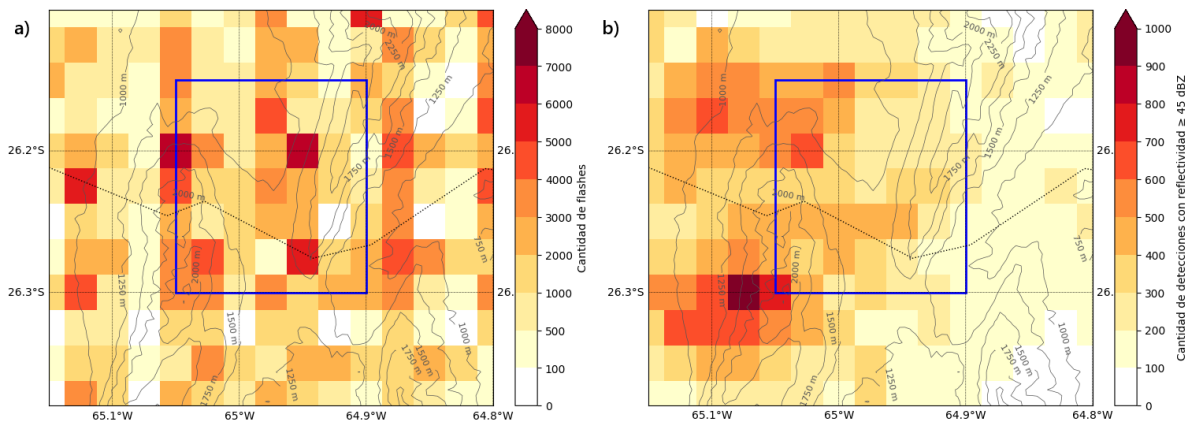


Figura 1. Distribución espacial de (a) flashes detectados por el sensor GLM del GOES-16 y (b) volúmenes de muestreo con reflectividad ≥ 45 dBZ identificados por el RMA-11, en casos que cumplen con el criterio de detección propuesto en el valle. El recuadro azul indica la región de interés analizada en el estudio.

El análisis de las anomalías de variación local de humedad específica en capas bajas en alta resolución indicó que el término de convergencia fue el principal mecanismo que favoreció la formación de tormentas en el valle. Aunque el término de advección mostró valores negativos, su intensidad fue menor en comparación con la convergencia. Estos resultados, que se pueden ver en la Figura 2, sugieren que los procesos convectivos en el valle estuvieron impulsados principalmente por la convergencia de humedad, lo que proporcionó las condiciones necesarias para los desarrollos convectivos.

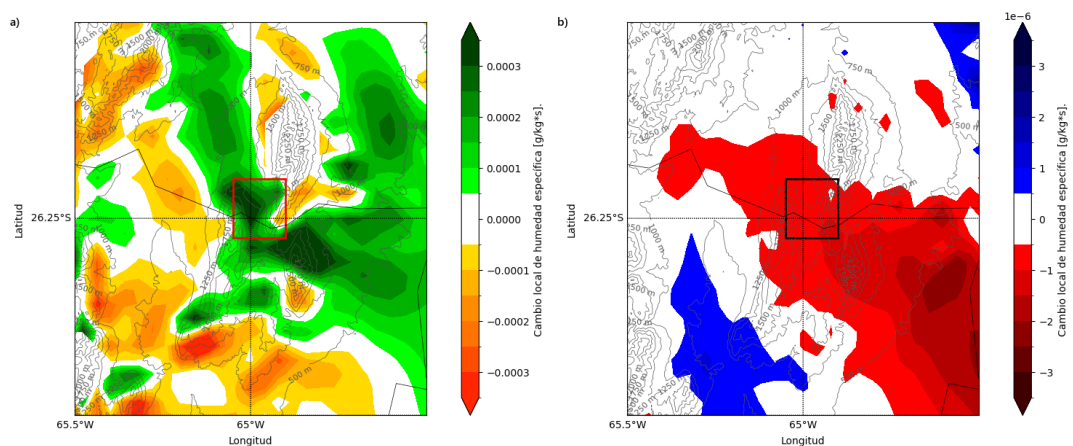


Figura 2. Campos medios del término de a) convergencia y b) advección de humedad específica que contribuyen a la tasa de cambio local de humedad específica en 800 hPa. Las líneas de contorno grises representan la topografía. El rectángulo negro indica la región de interés para el análisis.

4) CONCLUSIONES

El uso de mapeos del GLM como criterio de detección fue adecuado. La incorporación de datos de radar permitió filtrar falsas detecciones, pero el 71% de las detecciones de *flashes* en el valle ocurrieron sin datos de radar. Esto sugiere que, con más datos de reflectividad, se podrían identificar más tormentas. Además, la frecuencia de detección se mantuvo constante durante los meses de diciembre a febrero, con un ligero aumento en enero.

El análisis de los datos de reanálisis del ERA-5 mostró condiciones inestables previas a las tormentas, con una masa de aire cálido y un frente frío avanzando hacia el noreste. Los análisis de alta resolución WRF-SMN revelaron que la convergencia de humedad específica es causa principal del aumento de esta en la región (a diferencia de la advección), lo que favorece la formación de las tormentas.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a Cynthia Matsudo y Marcos Saucedo por su tiempo y aportes a este trabajo, que ha sido fundamental.

REFERENCIAS

Dillon, M. E., C. Matsudo, Y. García Skabar, M. Sacco, 2020: Implementación del sistema de pronóstico numérico en el HPC: Configuración de los pronósticos determinísticos. Nota Técnica SMN 2020-78.

Ferreira, L., 2008: Causas y variabilidad de la depresión del Noroeste argentino e impactos sobre los patrones regionales de circulación. Tesis de doctorado, Universidad de Buenos Aires.

Goodman, S. J., Blakeslee, R. J., Koshak, W. J., Mach, D., Bailey, J., Buechler, D., Carey, L., Schultz, C., Bateman, M., McCaul, E., Stano, G., 2013: The GOES-R Geostationary Lightning Mapper (GLM), Atmospheric Research, Volumes 125–126, 2013, Pages 34-49, ISSN 0169-8095, <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2013.01.006>.

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 single levels from 1940 to present. Copernicus Climate Change Service (C3S) Climate Data Store (CDS), DOI: [10.24381/cds.adbb2d47](https://doi.org/10.24381/cds.adbb2d47) (Accessed on 10-10-2024)

Vidal, Luciano, 2014. "Convección extrema sobre Sudamérica: estructura interna, ciclos de vida e influencia de la topografía en la iniciación". Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. Universidad de Buenos Aires.

Vidal, L., Ishikame, G., Pappalardo, L., Rugna, M. (2020): Sobre el uso del radar meteorológico para el diagnóstico de granizo. Nota Técnica SMN 2020-77.