

DETERMINACIÓN DE UMBRALES DE REFERENCIA EN VARIABLES METEOROLÓGICAS PARA LA EVALUACIÓN DE SEVERIDAD DE TEMPESTADES DE POLVO EN EL CENTRO-OESTE DE ARGENTINA

Agustina L. Miatello¹, Juan A. Rivera¹

amiatello@mendoza-conicet.gob.ar.

¹Instituto Argentino de Nivología, Glaciología y Ciencias Ambientales (IANIGLA, CCT - CONICET, MENDOZA)

Palabras clave: tempestades de polvo, valores críticos, climatología.

1) INTRODUCCIÓN

En el centro-oeste de Argentina, los episodios de tempestades de polvo representan un fenómeno meteorológico relevante por su impacto en las actividades humanas. Estos eventos pueden clasificarse principalmente en dos tipos: los asociados a la formación de tormentas convectivas que generan frentes de ráfagas que levantan polvo en su desplazamiento (haboobs), y los que se asocian al avance de frentes fríos con poca o escasa precipitación (tempestades de polvo o arena -TPA-). Los haboobs presentan una duración corta, de entre 1 y 3 horas, ocurren principalmente en los meses de primavera-verano. En contraste, las TPA pueden extenderse por más de 12 horas (Eagar y otros, 2017). Dada la importancia de diferenciar estos eventos y de establecer criterios objetivos para evaluar su severidad, este trabajo tiene como objetivo determinar umbrales de referencia en eventos de haboobs y TPA utilizando variables meteorológicas observadas en estaciones del centro-oeste de Argentina.

2) METODOLOGÍA

Para el análisis se utilizaron datos horarios aportados por el Servicio Meteorológico Nacional de las siguientes estaciones meteorológicas: Chilecito Aero (1), La Rioja Aero (2), San Juan Aero (3), San Martín (4), Mendoza Aero (5), San Luis Aero (6), Villa Reynolds (7), Malargüe Aero (8), San Rafael Aero (9), Neuquén Aero (10) (**Figura 1**). Estas estaciones fueron seleccionadas por contar con registros continuos entre 1981 y 2021. Se analizaron las variables meteorológicas de tiempo presente (WW), visibilidad, velocidad del viento y dirección del viento.

La identificación y clasificación de los eventos se realizó según los códigos SYNOP para WW: Los haboobs tienen en el código synop un código específico que es el **98** “Tormenta con tempestad de polvo o arena en el momento de la observación”. Por otro lado, las TPA se clasifican con los códigos **9** “Tempestad de polvo o de arena a la vista en el momento de la observación, o en la estación misma, durante la hora precedente”; **30** “Tempestad de polvo o de arena (TPA) ligera o moderada, que ha disminuido en el curso de la hora precedente”; **31** “TPA ligera o moderada, sin cambio apreciable en el curso de la hora precedente”; **32** “TPA ligera o moderada, que ha comenzado, o ha aumentado en el curso de la hora precedente”; **33** “TPA violenta, que ha disminuido en el curso de la hora precedente”; **34** “TPA violenta, son cambio apreciable en el curso de la hora precedente” y **35** “TPA violenta, que ha comenzado o ha aumentado, en el curso de la hora precedente”. Esta clasificación sigue el criterio utilizado por Basha y otros (2019).

Como primera aproximación, se propuso una categorización de los eventos en leves, moderados y severos, utilizando percentiles 10 y 30 (P10 y P30) de visibilidad calculado a partir de todos los casos de haboobs y TPA registrados en la región de estudio. Aproximaciones similares para establecer la severidad de los eventos de haboobs y TPA se llevaron a cabo por Abadi y otros (2025) en Irán. Además se estudió la dirección predominante del viento y la velocidad en ambos tipos de eventos.

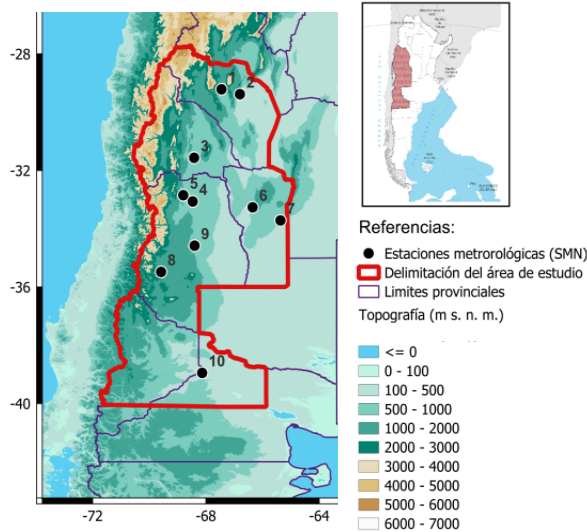


Figura 1. Mapa del área de estudio con la ubicación de las estaciones meteorológicas utilizadas.

3) RESULTADOS

En base al análisis de los códigos de WW, se identificaron los casos de haboobs y TPA en el área de estudio. La única estación meteorológica en la que no se registraron casos de haboobs es la estación Malargüe Aero, mientras que Chilecito Aero se registró la mayor frecuencia de ocurrencia, con 15 casos. Las tempestades de polvo presentan una mayor frecuencia de ocurrencia en comparación a los haboobs, oscilando entre 26 casos para la estación Chilecito Aero y 109 casos en la estación San Juan Aero. Se calcularon histogramas para ver la dispersión presente en la visibilidad y la velocidad del viento durante los eventos de haboobs y TPA (**Figura 2**). Se puede observar que en los casos de TPA la velocidad del viento es mayor que en los casos de haboobs, pudiendo superar los 90 km/h. La visibilidad presenta la mayor frecuencia en eventos de haboobs en los 5 km, mientras que para las tempestades de polvo se observan tres máximos en 1, 15 y 20 kms.

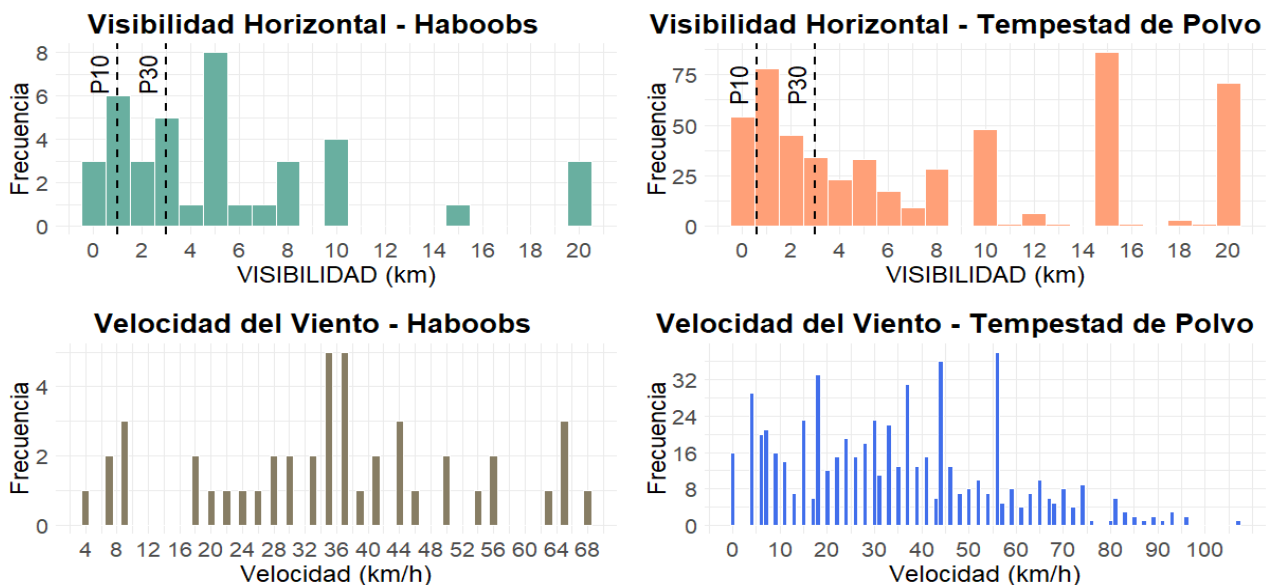


Figura 2. Histogramas de velocidad del viento (paneles superiores) y visibilidad (paneles inferiores) para los casos de haboobs (izquierda) y tempestades de polvo (derecha).

Para la determinación de umbrales de referencia para categorizar los eventos de acuerdo a su severidad se calcularon los percentiles 10 (P10) y 30 (P30) de la distribución de valores de la visibilidad. Esto permite clasificar a los eventos en categorías leves (L) para los casos en los que la visibilidad es superior al P30, moderados (M) para los casos en los que la visibilidad oscila entre los percentiles P10 y P30, y severos (S) para los casos en los que la visibilidad es inferior al P10. En los casos de haboob, el P10 equivale a 1 km y el P30 a 3 km de visibilidad horizontal. Esto representa 25 casos L; 9 casos M; 5 casos S. Cabe destacar que estos umbrales coinciden con la clasificación subjetiva propuesta para Irán por Abadi y otros (2025). Para la visibilidad en los TPA, el P10 equivale a 0,6 km y el P30 a 3 km de visibilidad horizontal, lo que representa 293 casos L; 116 casos M; 52 casos S.

4) CONCLUSIONES

Este estudio realizó una categorización de la severidad de las tempestades de polvo en el centro-oeste de Argentina, separando el origen de las mismas de acuerdo a la actividad convectiva (haboobs) o frontal (TPA). En los casos de TPA se observaron velocidades superiores a los 90 km/h, mientras que los casos de haboobs no superan los 70 km/h. A través de la determinación de umbrales de referencia para la variable de visibilidad horizontal, se seleccionaron dos percentiles (10 y 30) que permitieron clasificar los casos de haboob y TPA en eventos leves, moderados y severos. Se encontraron 5 casos severos para haboobs y 52 casos severos para tempestades de polvo en el período 1981-2021, lo cual representa poco más de un evento al año de estas características.

REFERENCIAS

- Abadi, A. R. S., Hamzeh, N. H., Kaskaoutis, D. G., Opp, C., Kazemi, A. F. 2025:** Long-Term Spatio-Temporal Analysis, Distribution, and Trends of Dust Events over Iran. *Atmosphere*, 16(3), 334, 1-29.
- Bashaa G., Venkat Ratnama M., Niranjana Kumarb K., Ouadac T.B.M.J., Kishored P. , Velicognad I. 2019:** Long-term variation of dust episodes over the United Arab Emirates. *Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics* 187, 33–39.
- Eagar J.D., Herckes P., Hartnett H.E., 2017:** The characterization of haboobs and the deposition of dust in Tempe, AZ from 2005 to 2014. *Aeolian Research* 24, 81-91.
- Middleton N., Tozer P., Tozer B. 2019:** Sand and dust storms: underrated natural hazards. *Disasters*, 43: 390-409.