

DETECCIÓN DE POLVO ATMOSFÉRICO EN PILAR (CÓRDOBA, ARGENTINA) MEDIANTE TÉCNICA AVANZADA DE LIDAR

Gabriela Celeste Mulena^{1,2*}, Yoshitaka Jin³, Eija María Asmi⁴, Juan José Ruiz^{1,5}, Juan Vicente Pallotta⁶, Sebastián Daniel Papandrea², María Soledad Osores², Elian Augusto Wolfram²

gmulena@smn.gob.ar

¹ Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET)

² Servicio Meteorológico Nacional (SMN)

³ National Institute for Environmental Studies (NIES)

⁴ Finnish Meteorological Institute (FMI)

⁵ Centro de Investigaciones del Mar y la Atmósfera (CIMA)—Universidad de Buenos Aires (UBA)

⁶ Departamento de Investigaciones en Láseres y Aplicaciones (DEILAP)— Instituto de Investigaciones Científicas y Técnicas para la Defensa (CITEDEF)—
Unidad De Investigación Y Desarrollo Estratégico Para La Defensa (UNIDEF)—CONICET

Palabras clave: monitoreo atmosférico, transporte de partículas, óptica atmosférica.

1) INTRODUCCIÓN

La recurrencia de eventos de intrusión de polvo atmosférico puede tener un impacto significativo en el medio ambiente, la visibilidad y la salud humana, especialmente en zonas urbanas (e.g., Díaz et al., 2017). El objetivo de este estudio fue detectar y caracterizar eventos de intrusión de polvo ocurridos durante septiembre de 2019 sobre el Observatorio Pilar, ubicado en la provincia de Córdoba (Argentina), a 31.5° S y 63.9° O y 338 m sobre el nivel del mar (m s.n.m.) (Figura 1). Para ello, se emplearon técnicas avanzadas de teledetección activa mediante un sistema lidar Raman instalado en el observatorio, el cual forma parte de la red South American Environmental Risk Management Network (SAVER-Net) (Ristori et al., 2017).

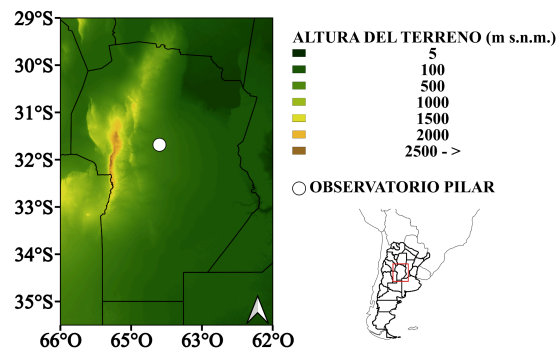


Figura 1: Ubicación geográfica del Observatorio Pilar, situado en la provincia de Córdoba, Argentina.

2) MÉTODOS Y MATERIALES

La detección de los casos de intrusión de polvo en el Observatorio Pilar durante septiembre de 2019 involucró la coincidencia temporal de múltiples parámetros obtenidos mediante el sistema lidar Raman (Mulena et al. 2024). Para la identificación de una capa de polvo, se utilizaron umbrales reportados en la literatura para el coeficiente de retrodispersión atenuado a 532 nm ($\beta_{att}(532) > 0.001 \text{ km}^{-1} \text{ sr}^{-1}$), la razón de despolarización de volumen a 532 nm ($\delta_v(532) > 0.2$), y la razón de color de retrodispersión atenuada (1064/532) ($\beta^r > 0.5$), los

cuales permitieron distinguir la altura de las capas, y evidenciar en ellas los aerosoles no esféricos y de gran tamaño, típicos del polvo mineral (ver por ejemplo, Freudenthaler et al. 2009). La caracterización de los eventos de polvo se realizó en función de la altura, duración y estructura vertical de las capas de aerosoles identificadas en cada episodio.

3) RESULTADOS

La Tabla I muestra las características de los eventos de polvo hallados con el lidar en el Observatorio Pilar. Durante septiembre de 2019 se identificaron tres eventos de intrusión de polvo (Casos 1, 2 y 3), los cuales presentaron capas densas o moderadas en superficie, así como capas delgadas en niveles elevados. Las intrusiones superficiales se detectaron los días 2, 19 y 30 de septiembre, con alturas inferiores a 1,5 km sobre el nivel del suelo (s.n.s.), y duraciones que oscilan las 12h. Por otro lado, las capas elevadas, que se evidenciaron el 3, 6 y 20 de septiembre, se extendieron entre 2 y 6 km de altitud y mostraron mayor persistencia, con duraciones de hasta 52 h.

Tabla I: Características temporales y verticales de los eventos de polvo detectados durante septiembre de 2019 en el Observatorio Pilar.

Caso	Fase	Estructura vertical de la capa de polvo	Altura (km s.n.s.)	Período (UTC)	Duración (h)
Caso 1	1	Densa/moderada superficial	< 1,5	2-sep, 12:00 – 24:00	~12
	2	Delgada en altura	hasta 2,5	3-sep, 02:30 – 5-sep, 05:00	~52
	3	Delgada en altura	4 – 6	6-sep, 19:00 – 8-sep, 07:00	~36
Caso 2	1	Densa/moderada superficial	< 1,5	19-sep, 05:00 – 17:00	~12
	2	Delgada en altura	2 – 5	20-sep, 00:00 – 21-sep, 18:00	~42
Caso 3	1	Densa/moderada superficial	< 1,5	30-sep, 12:00 – 24:00	~12

En la Figura 2 se ilustran diferentes parámetros del lidar para los eventos de polvo listados en la Tabla I. La Figura 2a muestra estructuras bien definidas en niveles bajos y medios durante los días con presencia de polvo, evidenciadas por valores moderados de $\beta_{att}(532)$ ($30\text{--}70 \text{ km}^{-1} \text{ sr}^{-1}$). Para los eventos de intrusión cercanos a la superficie (líneas punteadas rojas en la Figura 2), la información adicional proporcionada por $\delta_v(532)$ (Figura 2b) y β^r (Figura 2c) refuerza esta interpretación, evidenciando la presencia de aerosoles no esféricos ($\delta_v(532) > 0,2$) de gran tamaño ($\beta^r > 0,5$), característicos del polvo mineral. En los casos en altura (líneas punteadas negras en la Figura 2), aunque los valores de β^r se mantienen cercanos a 0,5 —indicando partículas relativamente grandes—, las plumas tienen valores más bajos de $\delta_v(532)$ cercanos a 0,2, y están rodeados por aerosoles con valores de $\delta_v(532)$ entre 0,1 y 0,2 que sugieren la mezcla de los aerosoles no esféricos y esféricos, secundarios o envejecidos.

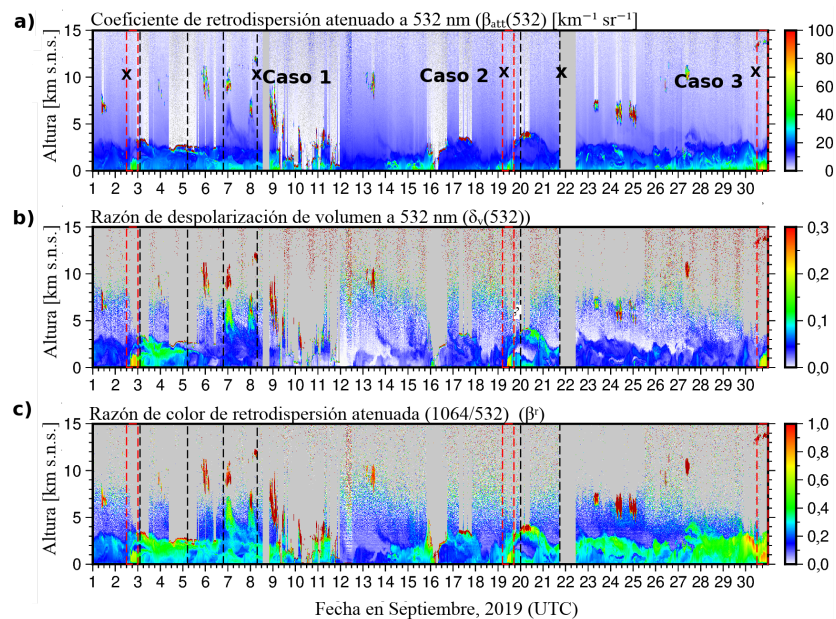


Figura 2: Estructura vertical de parámetros derivados del lidar ubicado en el Observatorio Pilar durante septiembre 2019: a) $\beta_{att}(532)$, b) $\delta_v(532)$, c) β^r . Según la Tabla I, se identifican en la imagen los Casos 1, 2 y 3. Las intrusiones densas o moderadas cercanas a la superficie están indicadas con líneas punteadas rojas, mientras que las capas delgadas en niveles elevados se representan con líneas punteadas negras.

4) CONCLUSIONES

En este estudio se detectaron y caracterizaron tres eventos de intrusión de polvo ocurridos durante septiembre de 2019 sobre el Observatorio Pilar. Los resultados obtenidos evidencian la capacidad del sistema lidar, mediante la combinación de diferentes parámetros, para detectar polvo tanto en niveles bajos como elevados de la atmósfera. La diferenciación en la altura y duración de las capas revela la presencia de múltiples episodios dados posiblemente por distintas características de transporte y mezcla vertical, lo que pone de manifiesto la complejidad de los procesos dinámicos asociados al polvo atmosférico en la zona urbana.

REFERENCIAS

Díaz, J., C. Linares, R. Carmona, A. Russo, C. Ortiz, P. Salvador, y R. M. Trigo, 2017: Saharan dust intrusions in Spain: Health impacts and associated synoptic conditions. *Environ. Res.*, 156, 455–467.

Freudenthaler, V., Esselborn, M., Wiegner, M., y Coautores, 2009: Depolarization ratio profiling at several wavelengths in pure Saharan dust during SAMUM 2006. *Tellus B*, 61, 165–179.

Mulena, G. C., Asmi, E. M., Ruiz, J. J., Pallotta, J. V., y Jin, Y., 2024: Biomass burning aerosol observations and transport over northern and central Argentina: A case study. *Remote Sens.*, 16, 1780.

Ristori, P., Otero, L., Jin, Y., Barja, B., Shimizu, A., Barbero, A., Salvador, J., Bali, J. L., Herrera, M., Etala, P., y Coautores, 2017: SAVER-Net lidar network in Southern South America. *EPJ Web Conf.*, 176, 09011. Presented at the 28th International Laser Radar Conference (ILRC 28), Bucharest, Romania, 25–30 June 2017.