

Estructura vertical de las invasiones de polvo mineral sobre las Islas Canarias durante 2004

A.M. Díaz¹, O.E. García¹, J. González², C. Guirado¹, F.J. Expósito¹, J.P. Díaz¹ y J.C. Guerra³

¹ *Dep. Física Universidad de La Laguna, Tenerife.
Avda. Francisco Sánchez s/n, 38200 La Laguna, Tenerife, Canarias. adiazr@ull.es*

² *División medioambiental, Instituto Tecnológico de Energía Renovables,
Polígono Industrial de Granadilla, Tenerife, Canarias.*

RESUMEN

La caracterización de perfiles verticales de aerosoles se puede hacer a partir de la obtención del coeficiente de retrodispersión (b), el cual se deriva a partir de la inversión de medidas LIDAR (Light Detection And Ranging). Este sistema está situado en la Facultad de Física de la Universidad de La Laguna, Tenerife (28.48°N 16.32°W, 600 m). Los valores calculados a partir de la señal de 532 nm en las diferentes intrusiones ocurridas durante 2004 sobre Canarias están en el intervalo 0.001 a 0.02 Km⁻¹sr⁻¹.

PALABRAS CLAVE: teledetección, LIDAR, aerosoles.

ABSTRACT

The aerosol vertical profiles characterization could be done from the backscattering coefficient (b) derived from LIDAR measurements. In this work a study of the backscattering coefficient during the Saharan dust outbreaks over Canary Islands in 2004 is presented. The obtained values range from 0.001 to 0.02 Km⁻¹ sr⁻¹. The LIDAR system is located in the Physics faculty of the University of La Laguna, Tenerife (28.48°N 16.32°W, 600 m.a.s.l) and the backscattering coefficients have been obtained by the inversion of the signal at 532nm.

KEY WORDS: remote sensing, LIDAR, aerosols.

INTRODUCCIÓN

Estudios recientes han destacado la importancia del polvo mineral en el balance de energía en el sistema tierra-atmósfera (Díaz et al., 2000). Estos constituyentes atmosféricos presentan una gran variabilidad temporal y espacial por lo que se hace necesario el uso de técnicas de teledetección para su caracterización. Esta caracterización es de vital importancia para suministrar datos de entrada precisos a los modelos climáticos, así como para evaluar la influencia de la altitud de capa de aerosoles en el forzamiento radiativo.

Las Islas Canarias, dada su situación geográfica tan próxima a unas de las mayores fuentes naturales de aerosoles atmosféricos, como son las regiones del Sahara y Sahel, con una tasa de emisión de 200·10⁹ K/año (Prospero, 1996), ofrece las mejores condiciones para la determinación de las propiedades radiativas de este constituyente atmosférico. Para llevar a cabo el análisis y determinación de los diferentes tipos de invasiones que

tienen lugar en esta región se ha implementado un sistema LIDAR. Este sistema, Figura 1, está compuesto de un Láser pulsado de Nd-YAG de 100 mJ de energía por pulso, con doblador de frecuencia y dos expansores de haz (1064 y 532 nm), siendo la frecuencia de repetición del haz de 10 Hz. Como óptica de entrada cuenta con un telescopio de distancia focal de 2307 mm y espejo primario de 300 mm. Los detectores son fotomultiplicadores, modelos PMT-100 y PMT-83, con refrigeración termoeléctrica asistida por agua (Tabla 1).

En este trabajo se presenta una caracterización de episodios de intrusión de polvo mineral sobre la región de Canarias con retro trayectorias isentrópicas y medidas LIDAR durante 2004. Estas medidas se han realizado antes, durante y después de cada intrusión tanto en la mañana, intentando coincidir con los radiosondeos, como por la noche en las que se consigue una mejor relación señal-ruido.

<i>Emisor</i>	
Laser	Nd:YAG laser LS-2131
Longitud de onda	1064, 532 nm
Energía del pulso a 1064 nm	100 mJ
Energía del pulso a 532 nm	50 mJ
Frecuencia de repetición del pulso	20 Hz
Duración del pulso (al nivel 0.5) ns	10-12
Divergencia angular del haz (al nivel 0.5) mrad	1.5
Consumo	750 W
<i>Receptor</i>	
Receptor de la radiación reflejada: Telescopio	
Diámetro del espejo principal	300 mm
Campo de visión	1.2, 2.6, 5, 10, 15 ángulo mínimo
Distancia focal	2309 mm
Canales de recepción	2
Fotomultiplicador	PMT-100, PMT-83
Ancho del filtro de interferencia 1064 nm	3 nm
Ancho del filtro de interferencia 532 nm	2 nm

Tabla 1. Especificaciones técnicas del sistema LIDAR.



Figura 1. Sistema LIDAR.

METODOLOGÍA

De todas las intrusiones de polvo mineral ocurridas durante 2004 sobre las Islas Canarias, se han seleccionado aquellos episodios en las que no exista contaminación por nubes y además en las que no exista mezcla de polvo mineral con vapor de agua. Para esto se dispone de información de radiosondeos diarios a las 00 y 12 horas UTC.

Para cada intrusión se han calculado retrotrayectorias isentrópicas a 7 días con el modelo HYSPLIT4 (Hybrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trajectory), perteneciente al National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA; EE.UU.). Los datos meteorológicos utilizados han sido generados por el Nacional Climatic Data Center (NCDC, NOAA, EE.UU.). El punto final de estas trayectorias ha sido La Laguna (28.48°N 16.32°W, 600 m) Tenerife, donde se encuentra instalado el sistema LIDAR, a las siguientes alturas: 1000, 1500, 2000 y 4000 m sobre el nivel del mar. Se han calculado a las 00 y a las 12 horas UTC ya que se disponen de medidas LIDAR tanto diurnas como nocturnas.

Los coeficientes de retrodispersión han sido obtenidos a partir de la inversión de la señal LIDAR. Para esto se ha desarrollado un software en el que se ha implementado el método propuesto por Fernald (1984). La señal LIDAR se expresa:

$$P(z) = E \cdot C \cdot z^{-2} \cdot [\beta_1(z) + \beta_2(z)] \cdot T_1^2(z) \cdot T_2^2(z) \quad (1)$$

donde $P(z)$ es la señal retrodispersada; $E(z)$ es la energía transmitida en el pulso; C es la constante de calibración del instrumento; b_1 y b_2 son las secciones de retrodispersión de aerosoles y molecular, $T_1(z)$ y $T_2(z)$ las transmitancias de aerosoles y molecular; y finalmente σ_1 y σ_2 son respectivamente, las secciones de aerosoles y molecular.

Las propiedades de dispersión molecular atmosférica se pueden determinar, mediante la aproximación a atmósferas estándar. Realizando la inversión de la ecuación (1) se obtienen los coeficientes de extinción y de retrodispersión de aerosoles. La realización de este proceso requiere la calibración del instrumento en un punto situado a una altura determinada.

En este modelo se hace la suposición de que en el punto más alto de la señal no existen aerosoles y por tanto sólo hay dispersión molecular.

RESULTADOS Y CONCLUSIÓN

Con el filtrado de intrusiones citado en el punto 2 y teniendo en cuenta que el sistema LIDAR comenzó a operar en marzo de 2004, estudiaremos tres periodos de intrusión claros: marzo, junio y julio de 2004.

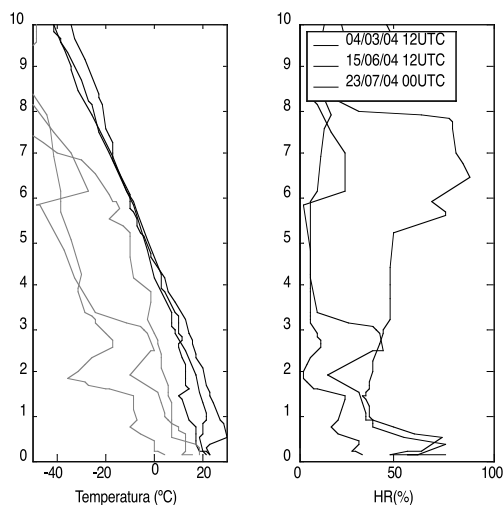


Figura 2. Perfiles verticales de temperatura y humedad relativa para un día representativo de cada periodo de intrusión: marzo, junio y julio de 2004. En la figura de la izquierda y en gris se ha representado la temperatura de rocío.

En la Figura 2, se presentan los perfiles de temperatura, temperatura de rocío y humedad relativa de un día representativo de cada intrusión. Como se puede observar éstos presentan un escaso aporte de humedad entre 1 y 5 Km donde se presenta el transporte de polvo mineral.

Las trayectorias de las masas de aire proporcionan información tanto de su origen como del transporte que realizan hasta llegar a la estación de medida. Por lo que se convierten en una herramienta muy útil para interpretar los perfiles de aerosoles LIDAR medidos.

En la Figura 3 se ha representado un día ejemplo de cada periodo de intrusión estudiado. Se observa como los mecanismos de transporte van cambiando a lo largo del año, pasando de tener un flujo de masas de aire con origen en Europa en marzo a masas de aire con origen en África en verano. Además se observa como la dinámica es diferente a distintas altitudes.

La Figura 4 muestra los perfiles LIDAR calculados a 532nm, correspondientes a las intrusiones descritas anteriormente. Estos perfiles se han obtenido

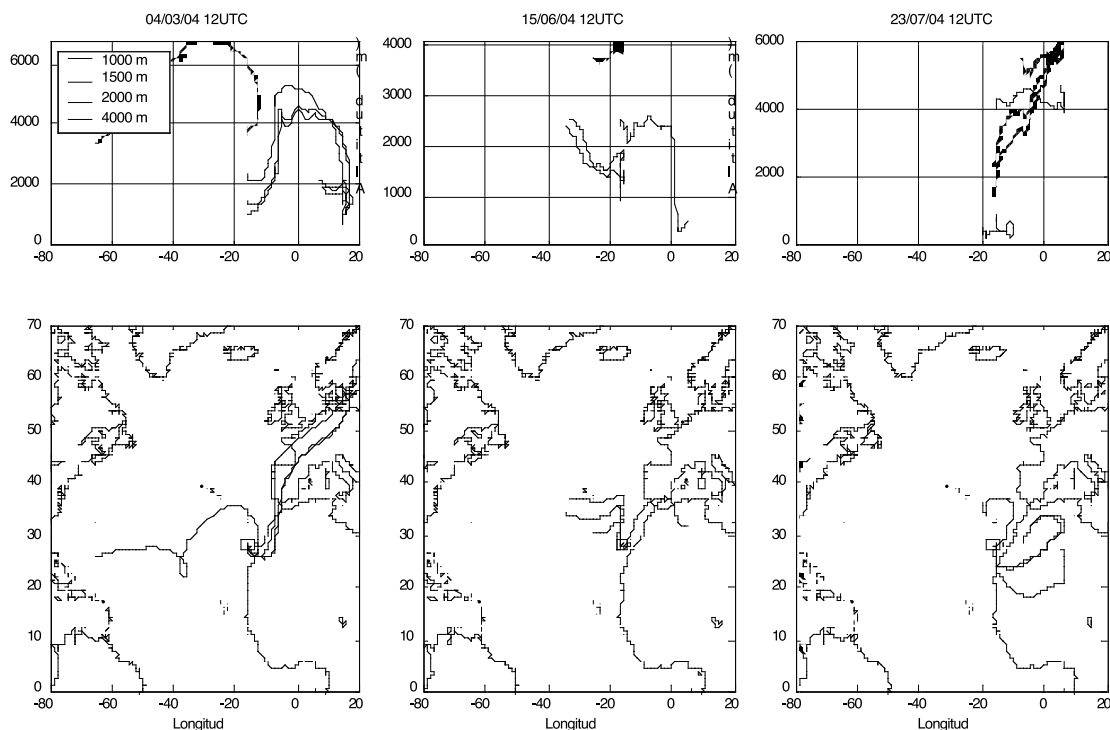


Figura 3. Retrotrayectorias isentrópicas HYSPLIT calculadas a las 12 horas UTC, sobre la estación LIDAR, para las intrusiones de marzo, junio y julio de 2004 sobre la región de Canarias.

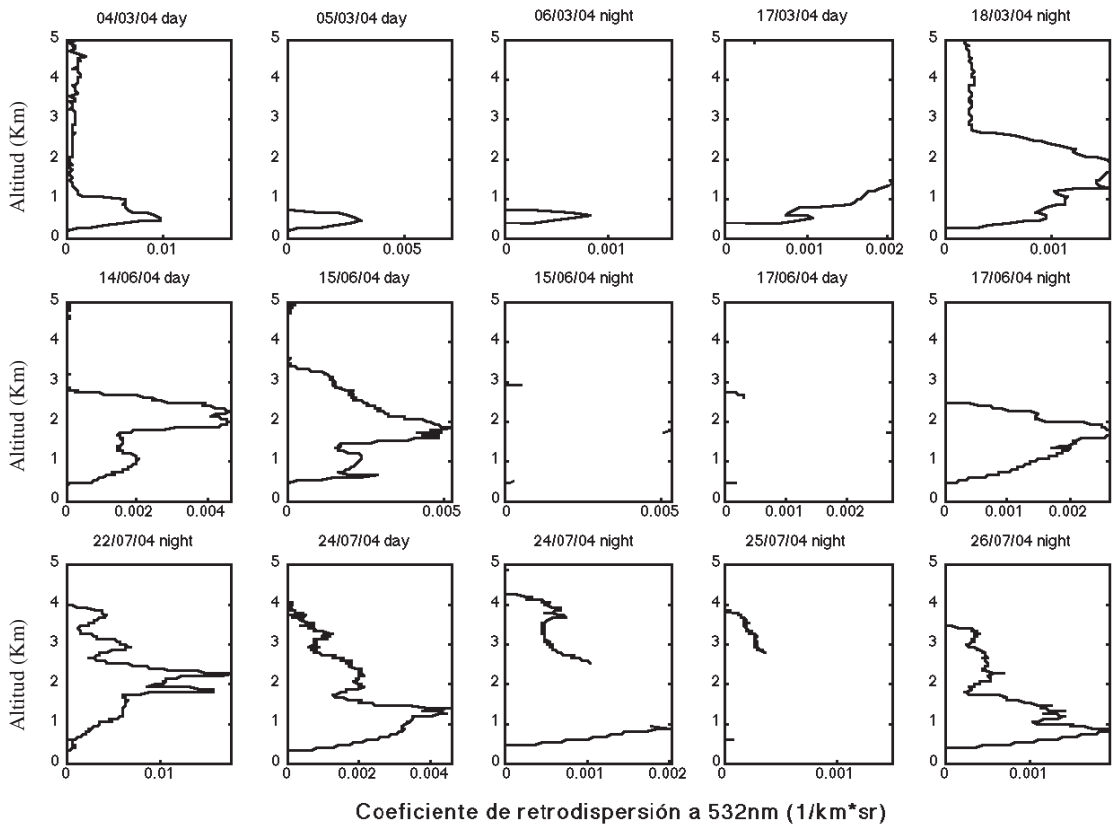


Figura 4. Perfiles verticales del coeficiente de retrodispersión para las intrusiones de polvo mineral ocurridas en marzo, junio y julio de 2004 sobre la región de Canarias.

por la inversión de la señal retrodispersada tal y como se explicó en el punto 2. Hay que señalar que antes de realizar este proceso es necesario eliminar el ruido óptico y electrónico de las señales medidas. Para eliminar el primero se resta un fondo de señal que se promedia a partir del valor de ésta en sus últimos 1000 m. Por otro lado, el ruido electrónico se ha determinado de las medidas realizadas con el sistema LIDAR en las que se mantiene cerrado el telescopio. Una vez calculada esta señal se sustrae de la original.

Analizando las Figuras 3 y 4 se observa como la intrusión con mayor coeficiente de retrodispersión, $0.02 \text{ Km}^{-1}\text{sr}^{-1}$, es la ocurrida en julio del 2004. Al observar sus trayectorias se tiene un aporte continuo de polvo mineral a partir de 1500 m hasta casi los 5 Km, dentro de la denominada SAL (Saharan Air Layer) (Karyampudi et. al., 1999). Por otro lado la intrusión de junio que también ocurre en torno a los 2 Km solo tiene aporte de este constituyente atmosférico en torno a esta altitud con contribuciones diferentes tanto por encima como debajo de

dicha capa. Estas intrusiones se diferencian además en el ancho de la capa de aerosoles menor en ésta última. Finalmente, en marzo se presentan dos periodos de intrusión: del 4 al 6 y del 17 al 18. En ambos casos se obtienen los coeficientes de retrodispersión más bajos, exceptuando el día 4 de marzo. En ambas intrusiones se tienen masas de aire que si bien atraviesan el continente africano tiene origen en Europa y un aporte de masas de aire limpias en capas altas, 4 Km. Estas intrusiones son especialmente perjudiciales por desarrollarse dentro de la capa de mezcla marítima afectando por tanto al grueso de la población.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido financiado por las becas FP2001-0963 y FP2000-5379 asociadas a los proyectos REN2001-0609-C02/CLI y REN2000-0903-C08-06/CLI respectivamente; y los proyectos CGL2004-05984-C07-05 y EU INTERREG III B

CLIMAAT MAC/2.3/A3. Finalmente, agradecemos a la Universidad de Wyoming habernos suministrado los radiosondeos.

BIBLIOGRAFÍA

- DÍAZ, J.P., EXPÓSITO, F.J., TORRES, C.J., CARREÑO, V., & REDONDAS, A. 2000. Simulations of mineral dust effect on UV radiation levels. *J. Geophysical Res.* 105(4): 4979-4992.
- PROSPERO, J.M. 1966. Sahara dust transport over the North Atlantic Ocean and Mediterranean: An overview. In: *The Impact of Desert Dust Across the Mediterranean*, S. Guerzoni and R. Chester, eds., Kluwer Academic Pub., 133-151.
- DRAXLER, R.R. AND ROLPH, G.D. 2003. HYSPLIT (HYbrid Single Particle Lagrangian Integrated Trajectory) Model access via NOAA ARL READY Website (<http://www.arl.noaa.gov/ready/hysplit4.html>). NOAA Air Resources Laboratory, Silver Spring, MD, U.S.A
- FERNALD, F. G. 1984. Analysis of atmospheric lidar observations: Some comments. *Applied Optics.* 23:652-653.
- KARYAMPUDI, V. M., ET AL. 1999. Validation of the Saharan dust plume conceptual model using Lidar, Meteosat, and ECMWF data. *Bull. Am. Meteorol. Soc.* 80: 1045-1076.

