

Caracterización de un Proceso de Intrusión de Aerosoles en Córdoba Mediante un Fotómetro Solar de la Red AERONET

L. Otero^{1,4}, P. Ristori², O. Vilar¹, J. Dworniczak¹, B. Holber³, E. Quel¹

1. CEILAP (CITEFA-CONICET) - Juan B. de La Salle 4397 - B1603ALO Villa Martelli, Argentina.

2. Laboratoire de Pollution de l'Air et du Sol, École Polytechnique Fédérale de Lausanne, Suisse.

3. NASA Goddard Space Flight Center, Greenbelt, Maryland, U.S.A.

4. Becaria CONAE.

lotero@citefa.gov.ar

Se realizó un estudio intensivo de un episodio de intrusión de aerosoles en Córdoba. Una combinación de retrotrayectorias (HYSPLIT) e imágenes satelitales fue utilizada para estimar el origen de estas masas de aire. Las propiedades intensivas de los aerosoles fueron asimismo caracterizadas por un fotómetro solar pertenecientes de la red AERONET

An intensive study of an aerosol event in Córdoba is presented in this paper. A combination of back-trajectories (HYSPLIT) and satellite images was used to infer the origin of these air masses. The aerosol intensive properties were characterized by AERONET sun photometer network.

I. INTRODUCCIÓN

La presencia en la atmósfera^(1, 2, 3) de aerosoles afecta el balance radiativo terrestre, el clima en general y ocasiona problemas de salud, sobre todo en las vías respiratorias. En este trabajo se estudia un evento complejo de intrusión de masas de aire con alto contenido de aerosoles, donde el objetivo final es discriminar sus orígenes entre dos fuentes diferentes: polvo o humo. El evento analizado se produjo durante el mes de octubre 2003 en Córdoba, los datos utilizados son de la estación CETT (Centro Espacial Teófilo Tabernea, -31.5, -64.5) de la red AERONET⁽⁴⁾, los del satélite TOMS⁽⁵⁾ (Total Ozone Mapping Spectrometer), retrotrayectorias⁽⁶⁾ e imágenes satelitales provistas por CONAE⁽⁷⁾ (Comisión Nacional de Actividades Espaciales).

II. CASO DE ESTUDIO

El 15 de octubre de 2003 se detectó un incendio en el norte de la provincia de Córdoba. La Figura 1 muestra una imagen satelital SAC-C MMRS (Cámara Multiespectral de Resolución Media)⁽⁶⁾ de la zona, donde se puede ver el avance de la pluma de humo. La Figura 2 presenta una imagen del satélite TOMS⁽⁵⁾ para el día 16 de octubre de 2003 donde se observan elevados valores de "Aerosol Index" (AI)⁽⁹⁾ comparado con lo habitual sobre la región norte del país⁽⁵⁾. Estos valores van en aumento desde el 11 al 16 de octubre de 2003. Los valores positivos de AI indican la presencia de aerosoles absorbentes como polvo y humo. En la Figura 3 y 4 se muestran las retrotrayectorias⁽⁶⁾ (Hysplit NOAA) obtenidas a diferentes alturas para determinar la dirección del viento dominante para el día de máximo valor de AI. Se puede ver fácilmente que la dirección del viento, tanto en capas bajas como en altas, coincide con la zona donde fue el incendio y con la región de alto valor de AI, medido por el TOMS. Analizando los datos

de la red AERONET de la estación de CETT – Córdoba es posible observar la presencia de un alto contenido de aerosoles coincidente con los días del incendio detectado por el satélite SAC-C y por el TOMS. Con los datos presentados al momento se podría concluir que los aerosoles sensados por la estación AERONET son producto del incendio, o sea humo.

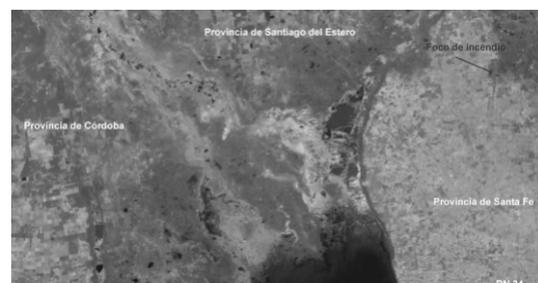


Figura 1. Imagen satelital SAC-C MMRS sobre la provincia de Córdoba y Santa Fe, 15 de octubre de 2003.

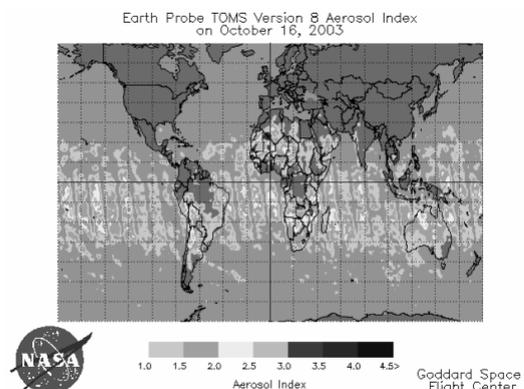


Figura 2. Imagen TOMS de AI del 16 de octubre de 2003.

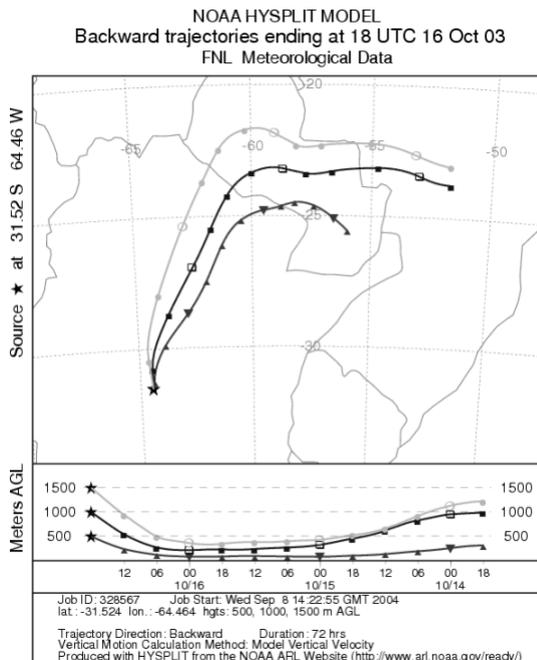


Figura 3. Retrotrayectorias, para la estación de CETT-Córdoba de AERONET, en capas bajas calculadas para el 16 de octubre de 2003.

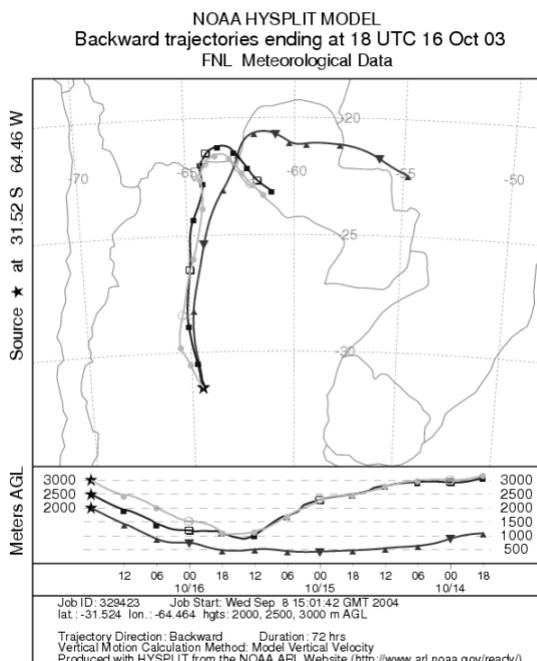


Figura 4. Retrotrayectorias, para la estación de CETT-Córdoba de AERONET, en capas altas calculadas para el 16 de octubre de 2003.

La Figura 5 muestra la evolución temporal del espesor óptico de aerosoles (Aerosol Optical Thickness AOT) en nivel 1.5 (nivel en el cual se han extraído las nubes), para siete longitudes de onda, observándose elevados valores de AOT para los días 15 a 21.

En la Figura 6 se puede observar una correlación importante (0.88) entre el AI (Aerosol Index) medido por el satélite TOMS⁽⁹⁾ y el AOT(340 nm) medido por

la estación de AERONET. El AI se calcula a partir de las radiancias espectrales medidas por el satélite TOMS en 388 nm y 340 nm. Esta figura demuestra que ambos instrumentos detectaron el evento, aunque al momento no se ha podido caracterizar las partículas presentes.

El coeficiente de Ångström, α , está relacionado con el radio medio de las partículas. Pequeños valores de α representan partículas de gran tamaño, por ejemplo polvo. En cambio valores grandes representan partículas más pequeñas como las partículas de humo⁽¹⁰⁾. Una forma de discriminar si los aerosoles están compuestos por partículas de radio medio pequeño, menores que 1 μm , o mayores es calcular el coeficiente de Ångström para los días de estudio. La Figura 7 muestra α versus el AOT(500 nm). Se puede observar que para los días 16 y 20 el valor de α está entre 0.2 y 0.4 indicando la presencia de partículas de gran tamaño. Esto se puede corroborar la distribución en talla de los aerosoles^(12, 13), para los días señalados. En la Figura 9 se observa una distribución de partículas muy particular donde predominan partículas gruesas con radio medio mayor a 1 μm .

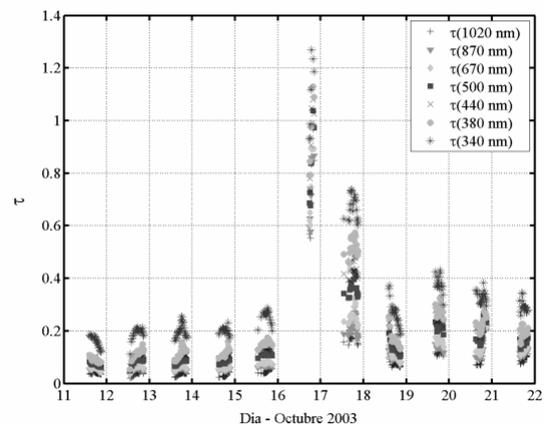


Figure 5. Evolución temporal del AOT para la estación AERONET CETT-Córdoba durante el mes de octubre de 2003.

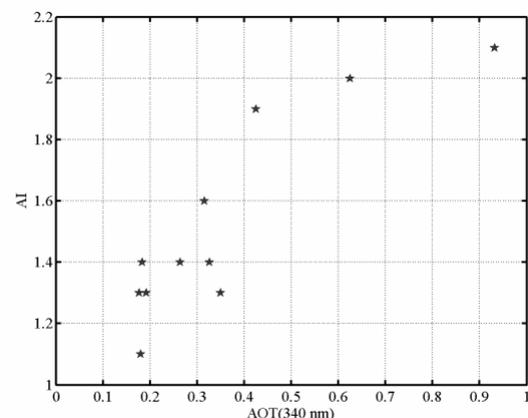


Figura 6. "Aerosol Index" medido por el satélite TOMS versus AOT(340 nm).

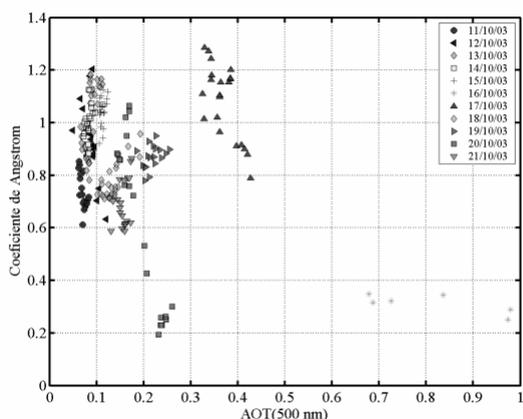


Figura 7. Coeficiente de Ångström versus AOT(500 nm) medidos en la estación de CETT-Córdoba durante el mes de octubre de 2003.

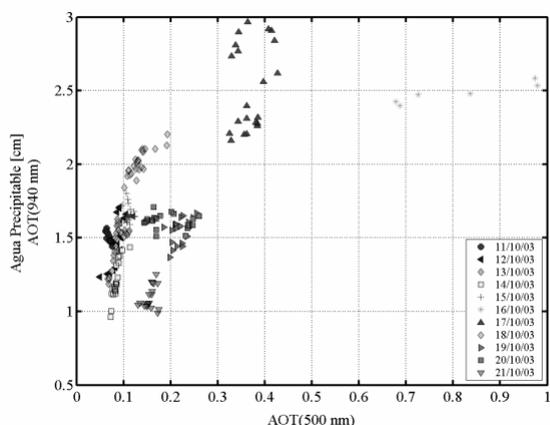


Figura 8. Agua Precipitable versus AOT(500 nm) medidos en la estación CETT-Córdoba durante el mes de octubre de 2003.

Generalmente, las partículas de polvo se caracterizan por tener un valor de α próximo a 0.3 y un AOT(500 nm) cercano a 0.45, semejante a lo observado el día 20. Para el día 16 podemos observar altos valores de AOT. Los altos valores de agua precipitable observados en esta fecha (Figura 8) nos indica que esto se deba posiblemente debido a un efecto de higroscopía de aerosoles. Por lo tanto, para los días 16 y 20 los aerosoles presentes reúnen las características de las partículas de polvo. Por lo tanto, podemos concluir que si bien puede haber partículas de humo inyectadas por el incendio detectado en la región (dato procedente de las observaciones realizadas este mismo día por el satélite SAC-C) estas no son los predominantes, aunque no se descarta su presencia. Valores de α mayores de 0.8 con AOT(500 nm) entre 0.06 y 0.4 sugieren la existencia de una mezcla de aerosoles provenientes de la industria y de polvo. Días con características similares suelen presentar una distribución bimodal sin un modo predominante⁽¹¹⁾. En la Figura 9 es posible observar un aumento del primer modo para el día 14, indicando la presencia de partículas más finas, posiblemente provenientes del incendio detectado por el SAC-C el día 15.

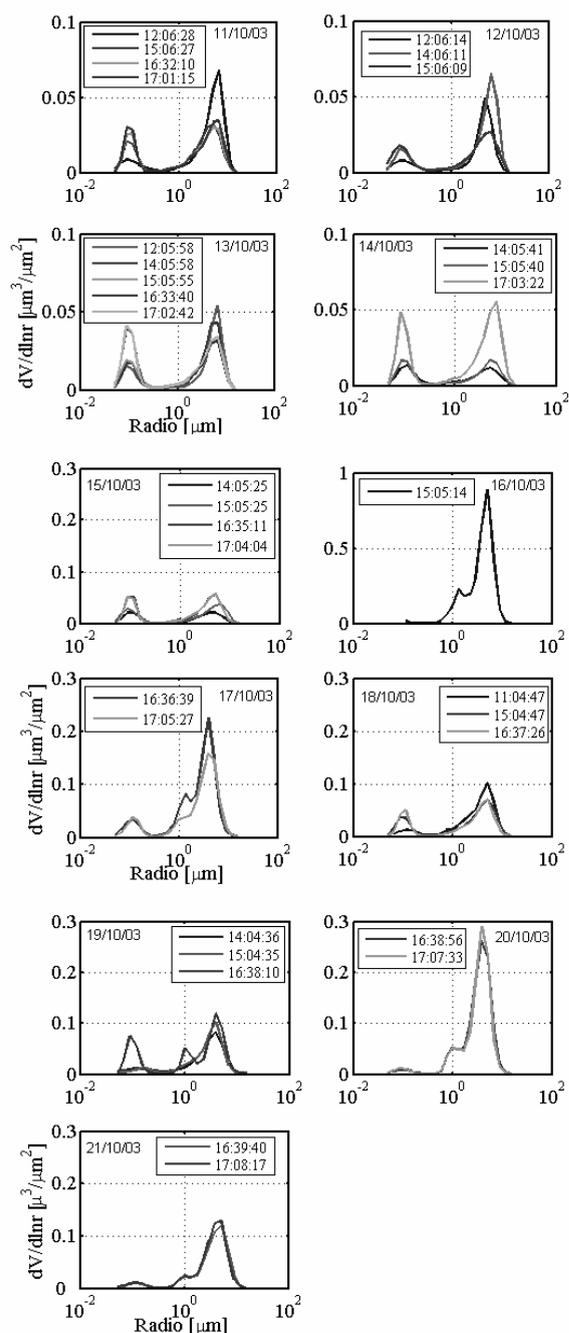


Figura 9. Evolución de la distribución en talla de aerosoles para la estación de AERONET CETT-Córdoba para el mes de octubre de 2003.

En la Figura 10 se muestra el “single scattering albedo”, SSA⁽¹²⁾ en función de la longitud de onda. Se puede observar que los días 16 y 20 la dependencia es directa, característico de partículas de polvo⁽¹³⁾. Para los demás días la curva de SSA presenta una pendiente negativa para longitudes de onda entre 440 y 870 nm característico de partículas de humo, invirtiéndose la misma a partir de 870 nm. Esto podría deberse a la presencia de una mezcla entre aerosoles continentales⁽¹⁴⁾ y partículas de polvo, según lo sugiere la distribución en talla de aerosoles.

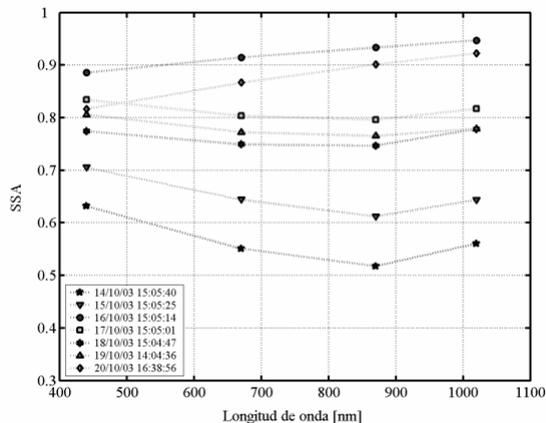


Figura 10. "Single scattering albedo" para la estación de AERONET CETT-Córdoba para el mes de octubre de 2003.

III. CONCLUSIONES

Se presentan las variaciones temporales de los aerosoles durante el mes de octubre de 2003 en Córdoba. Con la utilización de un fotómetro solar, el cual mide columna total del contenido aerosólico en la atmósfera y con los subproductos como distribución en talla y SSA^(12, 13) fue posible estimar el tipo de partículas presentes de gran importancia para estudios de radiación solar, clima y calidad del aire. Cabe destacar que, contrariamente a lo esperado, las partículas presentes en la atmósfera no eran de humo provenientes del incendio detectado por el satélite argentino SAC-C. El estudio de las propiedades ópticas de los aerosoles medidos durante el evento ha demostrado una presencia de partículas de polvo predominante durante los días 16 y 20 y una mezcla de aerosoles continentales, humo y polvo para los demás días.

IV. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a: JICA, CONICET, ANPCyT, UNSAM, UTN, CONAE y especialmente al Dr. Marcos Machado por el apoyo brindado para la realización del presente trabajo.

V. REFERENCIAS

1. Andreae M. O., "Climatic effects of changing atmospheric aerosol levels en World Survey of Climatology" vol 16, Future Climates of the World, A. Henderson-Sellers, 341-392 Elsevier, New York, (1995).

2. Satheesh S. K., V. Ramanathan, Xu Li-Jones, J. M. Lobert, I. A. Podgorny, J. M. Prospero, B. N. Holben, and N.G. Loeb, "A model fro the natural and anthropogenic aerosols over the tropical Indian Ocean derived from Indian Ocean Experiment data", *J. Geophys Res.*, vol 104, D22, 27.421-27.440 (1999).
3. Piliinis C., S. N. Pandis and J. H. Seinfeld, "Sensitivity of direct climate forcing by atmospheric aerosols to aerosol size abd composition", *J. Geophys. Res.*, 100, 18.739-18.754, (1995)
4. Holben B., T.F.Eck, I.Slutsker, D.Tanre, J.P.Buis, A.Setzer, E.Vermote, J.A.Reagan, Y.Kaufman, T.Nakajima, F.Lavenu, I.Jankowiak, and A.Smirnov, "AERONET- A federated instrument network and data achieve for aerosol characterization", *Remote Sens.* 12, 1147-1163, (1991).
5. <http://toms.gsfc.nasa.gov>
6. www.arl.noaa.gov
7. www.conae.gov.ar
8. Otero L. A., P. Ristori, J. Fochesatto, E. Wolfram, J. Porteneuve, P. H. Flamant, E. Quel. "First Aerosol Measurements With A Multiwavelength Lidar System at Buenos Aires, Argentina". 22nd International Laser Radar Conference, Matera, Italia, ESA SP 561, Vol II, ISBN 92-9092 // ISSN 0379-6566, 769- 772, June 2004.
9. Torres O., P.K. Bhartia , J.R. Herman, A. Sinyuk and B. Holben, A long term record of aerosol optical thickness from TOMS observations and comparison to AERONET measurements, *J. Atm. Sci.*,59,398-413, 2002
10. Shifrin K., Simple Relationships for the Angstrom parameter of disperse systems, *Appl. Opt.*, 34, 4480 - 4485, 1995
11. Eck T. F., B, N. Holben, J.S. Reud, O. Dubovik, A. Siminov, N. T. O'Neill, I. Slutsker and S. Kinne, "Wavelength dependence of the optical depth of biomass burning, urban and desert dust aerosols". *J. Geophys. Res.* 104, 31, 333-349, (1999).
12. Dubovik O. and M. King "A flexible inversion algorithm for retrieval of aerosol optical properties from Sun and sky radiance measurements". *J. Geophys. Res.*, Vol. 105, No. D16, Pages 20,673-20,696, 2000.
13. Dubovik, O., A. Smirnov, B. N. Holben, M. D. King, Y.J. Kaufman, T. F. Eck, and I. Slutsker, 2000: Accuracy assessments of aerosol optical properties retrieved from AERONET sun and sky-radiance measurements, *J. Geophys. Res.*, 105, 9791-9806.
14. Hess M., P. Koepke, I. Schult, " Optical Properties of Aerosols and Clouds: The Software Package OPAC" *Bulletin of the American Meteorological Society* 831 - 844 Vol. 79, No. 5, (1998).