

Evento extremo de arena del Sahara sobre Islas Canarias, España

Event extreme of Saharan dust over the Canary Islands, Spain

L. Otero^{1,3}, P. Ristori², E. Quel¹

1. CEILAP (CITEFA-CONICET) - Juan B. de La Salle 4397 - B1603ALO Villa Martelli, Argentina. Email: quel@citefa.gov.ar
2. École Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) Environmental Fluid Mechanics and Hydrology Laboratory (EFLUM). Station 2 CH-1015, Lausanne, Switzerland. Email: pablo.ristori@epfl.ch
3. CONAE (Comisión Nacional de Actividades Espaciales) Av. Paseo Colón 751 - C1063ACH Capital Federal, Argentina. Email: lotero@citefa.gov.ar

Este trabajo estudia un evento extremo de polvo proveniente del Sahara detectado el 10 de marzo de 2007 sobre el archipiélago de las islas Canarias. El polvo detectado mediante las imágenes del satélite AQUA es estudiado utilizando la información procedente del fotómetro solar de la estación de AERONET Santa Cruz de Tenerife (28,5 N; 16,2 O; 52 m). Los parámetros estudiados para la caracterización de estos aerosoles son el contenido de vapor de agua, el espesor óptico espectral, la distribución en tamaño y el single scattering albedo de las masas de aire que atraviesan el archipiélago.

Palabras claves: aerosoles, AERONET, polvo del Sahara.

This work studies an extreme intrusion episode of Saharan dust detected on March 10th 2007 above the Canary Islands. The dust was detected by the AQUA satellite images and studied by means of the AERONET sunphotometer located in Santa Cruz de Tenerife (28.5 N, 16.2 O, 52 m). Water vapor content, optical thickness, size distribution and single scattering albedo measurements of the air masses passing through this archipelago, were used to characterize these aerosols.

Key words: aerosols, AERONET, Saharan dust.

I. INTRODUCCIÓN.

Las intrusiones de masas de aire provenientes del Desierto del Sahara suponen el aporte de grandes cantidades de polvo en suspensión, el cual no sólo configura el clima de las islas, sino que también implican una importancia notable sobre los ciclos biogeoquímicos de especies en el medio marino^{1,2}.

II. DESCRIPCIÓN DE LA ESTACIÓN.

Canarias es un archipiélago atlántico situado en el noroeste de África, como se puede ver en la figura 1. Forma además una de las diecisiete comunidades autónomas de España. El archipiélago está compuesto por siete islas: El Hierro, La Gomera, La Palma y Tenerife que forman la provincia de Santa Cruz de Tenerife, y Gran Canaria Fuerteventura y Lanzarote. La estación AERONET³ utilizada para el estudio es Santa Cruz de Tenerife (Latitud 28,47253° N; Longitud: 16,24736° O y elevación 52,0 m). En la figura 2 se puede observar la ubicación de la estación.

El clima es oceánico tropical, con temperaturas suaves. Nos encontramos con variaciones muy importantes en cuanto al régimen de precipitaciones. En las islas orientales las precipitaciones son más escasas que en las

occidentales; así Fuerteventura y Lanzarote se caracterizan por un clima árido semidesértico. La escasez de lluvia ha llevado a la instalación de desaladoras para abastecer zonas urbanas, como en Las Palmas de Gran Canaria. La porosidad del terreno dada su naturaleza volcánica, dificulta el aprovechamiento del agua de la lluvia en presas y embalses, si bien estas tienen una cierta importancia en Gran Canaria y La Gomera. En las islas occidentales se lleva a cabo un aprovechamiento de los acuíferos subterráneos a través de las galerías, a excepción de la Isla de El Hierro, donde son más importantes los pozos y aljibes. Una característica de algunos lugares de las islas es la presencia de montañas cerca de la costa que provocan que las masas de aire se condensan, dando lugar al fenómeno conocido como *mar de nubes*, y por tanto, el beneficio de la vegetación de la zona debido a la humedad. Sin embargo, debido a los microclimas existentes en una misma isla, podemos encontrar zonas donde aparecen bosques húmedos y otras zonas donde la aridez es la característica principal⁴.

Los vientos suelen soplar con mayor frecuencia del noreste, vientos que si bien no suelen dejar precipitaciones, sí reportan humedad a las zonas orientadas hacia ese lugar, formándose el ya citado mar de nubes en zonas medias y altas. Los vientos del levante suelen ir acompañado del *siroco* o *calima*, es

decir, polvo en suspensión procedente del desierto del Sahara, alcanzando a veces una gran densidad.

Las islas carecen de ríos aunque los barrancos son numerosos y las aguas discurren rápidamente desde las zonas altas hasta las costas. A pesar de ello sí existen algunas corrientes continuas de agua en La Palma, La Gomera y Tenerife.

La vegetación varía según la orientación y la altura. En las vertientes orientadas hacia el N y NO hay plantas mesófilas (húmedas) y las orientadas al S y SO hay plantas xerófilas (secas). Cuentan con una rica fauna y vegetación endémicas y una gran variedad de aves e invertebrados.



Figura 1. Ubicación geográfica de las Islas Canarias.



Figura 2. Ubicación de la estación AERONET Santa Cruz de Tenerife en las Islas Canarias.

III. RESULTADOS.

El 10 de marzo de 2007 densas plumas de aerosoles provenientes del la costa oeste de África llegaron sobre las Islas Canarias. Una imagen del satélite AQUA tomada con el instrumento MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer) para ese mismo día se presenta en la figura 3. En esta imagen, el polvo tiene un contraste fuerte con el azul marino del océano. Las plumas de polvo son más gruesas sobre el centro de las islas y más finas en el norte y el sur. En estas áreas, en algunos puntos aislados, el agua de mar aparece

verde debajo del polvo. Esto puede deberse al sedimento.

En la figura 4 se pueden observar valores positivos del “Aerosol Index” (AI) medido por el satélite AURA con el instrumento OMI (Ozone Monitoring Instrument) indicando la presencia de aerosoles con características radiativas de absorción⁵.

La evolución temporal de espesor óptico de aerosoles se presenta en la figura 5. Se puede observar que para el 10 de marzo los valores del espesor óptico aumentan un facto de casi 10 veces.

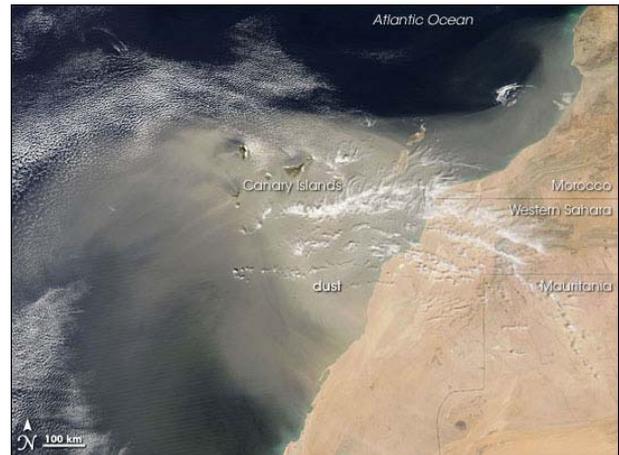


Figura 3. Imagen satelital AQUA del 10 de marzo de 2007 sobre las Islas Canarias, España.

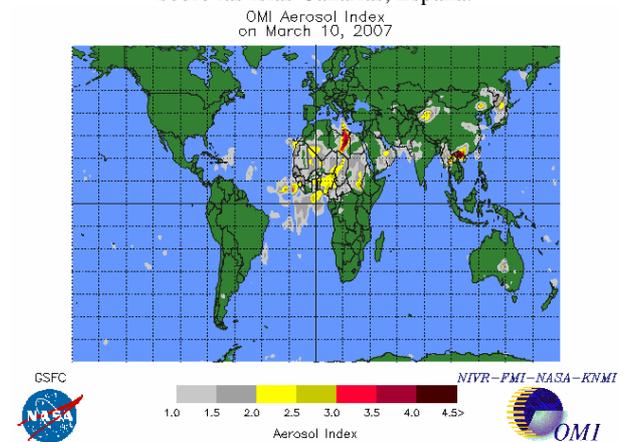


Figura 4. “Aerosol Index” medido por OMI.

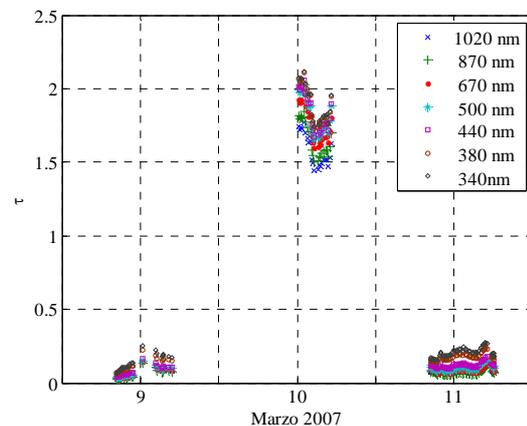


Figura 5. Evolución temporal del espesor óptico de aerosoles.

En la figura 6 se puede ver la evolución temporal del agua precipitable y del coeficiente de Ångström. Mientras que el contenido de agua precipitable se mantiene prácticamente constante durante los tres días estudiados, el coeficiente de Ångström decrece a 0,25 para el día 10 de marzo.

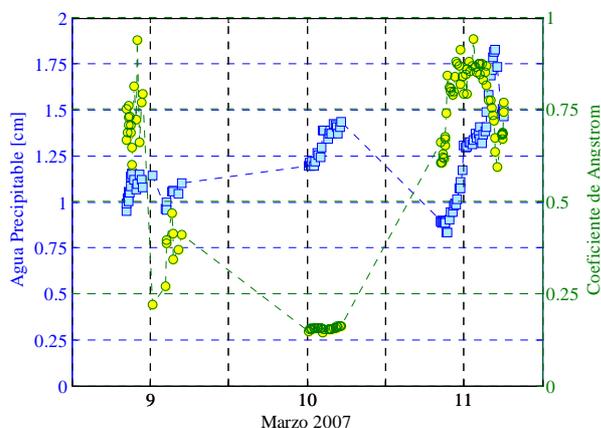


Figura 6. Evolución temporal del agua precipitable y del coeficiente de Ångström.

Para poder identificar el tipo de aerosoles presentes se grafica el espesor óptico de aerosoles en 440 nm versus el coeficiente de Ångström en la figura 7. Se pueden observar muy bajos valores del coeficiente de Ångström con elevando valores de espesor óptico, según la Tabla de clasificación de aerosoles publicada en Otero et al., (2006) los aerosoles presentes pertenecen al tipo Desértico.

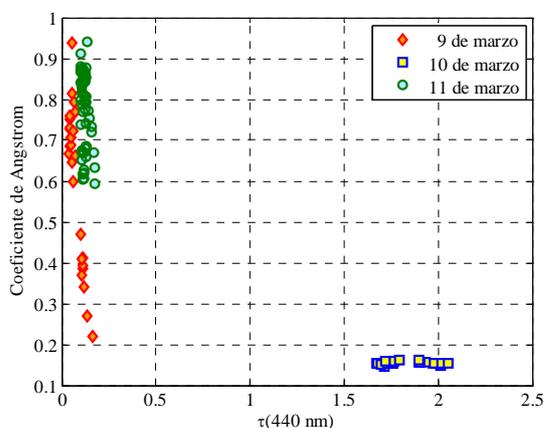


Figura 7. Espesor óptico de aerosoles en 440 nm versus el coeficiente de Ångström.

Las figuras 8, 9 y 10 muestran la distribución de tamaño de los aerosoles para el 9, 10 y 11 de marzo respectivamente. Es posible observar que para el 9 de marzo la distribución es trimodal. Para el 10 y 11 de marzo prácticamente todo el tiempo una distribución bimodal con un segundo modo dominante, aunque la concentración de partículas gruesas para el día 10 de marzo aumenta 5 veces con respecto al día 11.

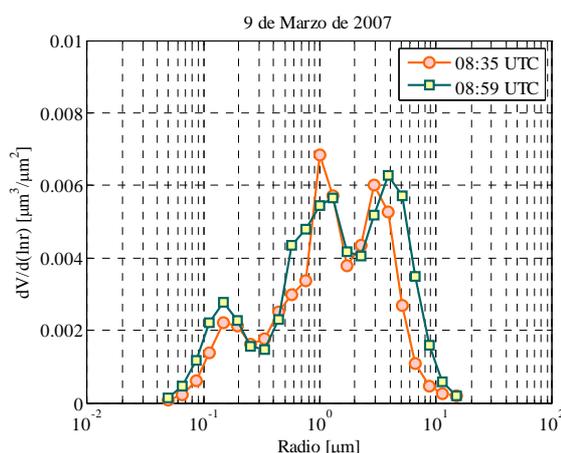


Figura 8. Distribución del tamaño de los aerosoles para el 9 de marzo de 2007.

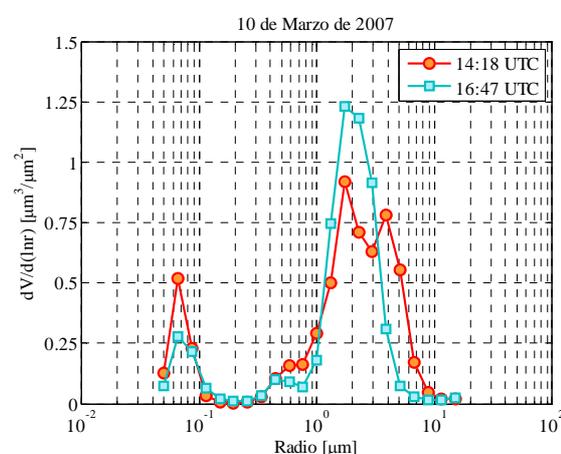


Figura 9. Distribución del tamaño de los aerosoles para el 10 de marzo de 2007.

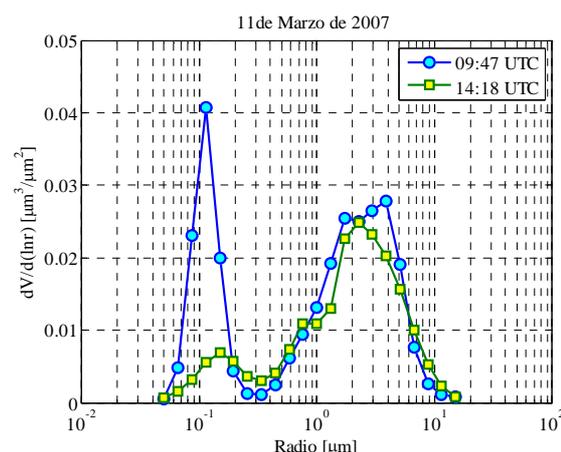


Figura 10. Distribución del tamaño de los aerosoles para el 11 de marzo de 2007.

La figura 11 presenta la dependencia espectral del "single scattering albedo". Para el 10 de marzo se puede observar una dependencia directa con la longitud de onda, siendo esto característico de partículas de polvo.

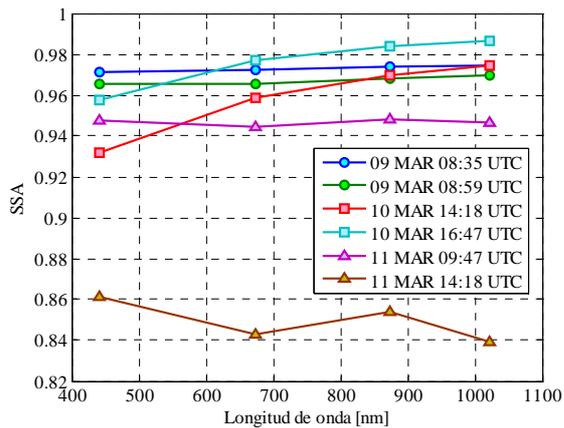


Figura 11. Dependencia del SSA con la longitud de onda.

V. CONCLUSIONES.

En resumen, este evento extremo de arena sobre las islas Canarias detectado por imágenes satelitales, fue medido también por el fotómetro solar instalado en Tenerife. Las características del evento son:

- Espesor Óptico de Aerosoles en 440 nm: $1,7 \leq \tau \leq 2,2$.
- Coeficiente de Ångström: $0,1 \leq \alpha \leq 0,2$.
- Contenido de vapor de agua: $1,2 \text{ cm} \leq \text{WPC} \leq 1,5 \text{ cm}$.
- Distribución de tamaño: bimodal, segundo modo dominante.
- SSA: pendiente positiva.

Analizando estos datos se concluye que los aerosoles presentes tienen características de polvo⁶. Aunque este resultado ya era conocido por la existencia de la imagen satelital, este tipo análisis le permitiría identificar tipos de aerosoles solamente con los datos de un fotómetro solar.

El porcentaje de la cantidad de radiación solar directa bloqueada por esta nube de polvo, que presenta un espesor óptico entre 1,4 y 2,2 es entre 75 y 89 % en todo el espectro visible.

VI. AGRADECIMIENTOS.

Los autores agradecen a: la red AERONET, JICA, CONICET, ANPCyT, CONAE, al Dr. Emilio Cuevas del Instituto Nacional de Meteorología (Observatorio Atmosférico de Izaña) Santa Cruz de Tenerife, España y especialmente al Dr. Marcos Machado de CONAE por el apoyo brindado para la realización del presente trabajo.

VII. REFERENCIAS.

1. Marzol Jaen, M. V., Tipificación de las tres situaciones atmosféricas más importantes de las Islas Canarias. *Revista de Historia Canaria*. Homenaje a la Dra. Marrero. La Laguna, pp.79-95, 1993.
2. Dorta, P., *Las invasiones de aire sahariano en Canarias*. Consejería de Agricultura, Pesca y Alimentación del Gobierno de Canarias y Caja Rural de Tenerife, Santa Cruz de Tenerife, 1999.
3. Holben, B. N., Eck, T. F., Slutsker, I., Tanre, D., Buis, J. P., Setzer, A., Vermote, E., Reagan, J. A., Kaufman, Y. A., Nakajima, t., Lavenu, F., Jankowiak, I. And Smirnov, A., AERONET – A federated instrument network and data archive for aerosol characterisation, *Remote Sensing of Environment*, 66:1-16, 1998.
4. Middleton, N., Desert dust. En *Arid Zone Geomorphology. Process, Form and Change in Drylands*. Ed. David S.G. Thomas, Wiley, Chichester, 1997.
5. 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.
6. Otero, L., P. Ristori, B. Holben, E. Quel. “Espesor óptico de aerosoles durante el año 2002 para diez estaciones pertenecientes a la red AERONET – NASA”. (Aerosol Optical Thickness at ten AERONET – NASA stations during 2002). *Opt. Pura Apl.* 39 (4) 355-364, 2006.