

Caracterización vertical de aerosoles durante la campaña SPARC-2004.

F. Molero⁽¹⁾, M. Pujadas⁽¹⁾, J. C. Fortea⁽²⁾, J. A. Martínez-Lozano⁽³⁾, M. P. Utrillas⁽³⁾, E. Sañudo⁽³⁾, V. Estellés⁽³⁾ y J.L. Gómez-Amo⁽³⁾

⁽¹⁾ Grupo de Contaminación atmosférica, Dpto. de Medio Ambiente, CIEMAT, Avda Complutense 22, 28040 Madrid. f.molero@ciemat.es.

⁽²⁾ Dpto de Termodinámica, Universidad de Valencia, c/ Dr. Moliner 50, 46100 Burjassot, Valencia.

⁽³⁾ Grupo de Radiación Solar, Universidad de Valencia, c/ Dr. Moliner 50, 46100 Burjassot, Valencia.

Resumen

La fiabilidad en la determinación desde el espacio de magnitudes físicas correspondientes a la superficie terrestre, depende críticamente de la corrección atmosférica que se aplique a las radiancias medidas desde el satélite y, por tanto, de la adecuada caracterización de las condiciones atmosféricas en el momento en que se realiza la adquisición de la imagen. En este trabajo se presentan algunos resultados de la caracterización atmosférica que se realizó en el entorno de Barrax (Albacete) durante la campaña SPARC 2004, diseñada como parte de los trabajos preparatorios para la misión SPECTRA y para la validación de algoritmos de tratamiento de imágenes MERIS-ENVISAT y CHRIS-PROBA.

1. Introducción

La aplicación operacional de las técnicas de teledetección requiere algoritmos robustos y fiables para realizar la corrección atmosférica de las imágenes de satélite, necesaria para obtener valores de magnitudes físicas en superficie suficientemente precisos. Dichos algoritmos han sido extensamente desarrollados, hasta el punto de que la validez del procedimiento depende más del conocimiento real de la atmósfera que del código de transferencia utilizado. La corrección atmosférica se realizaba tradicionalmente empleando valores climatológicos de los parámetros más significativos, como el espesor óptico de aerosoles, la columna total de vapor de agua o las distribuciones verticales de temperatura y vapor de agua, tomadas generalmente de atmósferas standard. Sin embargo, las nuevas aplicaciones basadas en

medidas hiperespectrales o multiangulares requieren de una corrección más precisa. Actualmente se está investigando el alcance de las desviaciones introducidas en estas medidas por el empleo de valores climatológicos. Para ello es necesario realizar una caracterización de la atmósfera existente sobre el área de estudio de manera simultánea a la adquisición de la imagen para posteriormente valorar la diferencia entre utilizar datos climatológicos y experimentales como entrada en los códigos de transferencia radiativa. En este trabajo se describe la caracterización atmosférica que se realizó durante la campaña SPARC (SPECTRA Barrax Campaign) del año 2004, desarrollada en un campo de experimentación agrícola situado en Barrax (Albacete), ubicación ampliamente utilizada como área de referencia en distintos proyectos de la ESA. Las campañas SPARC, realizadas en los años 2003 y 2004, tienen por objeto la obtención y análisis de la información relevante para evaluar la viabilidad de la misión SPECTRA (Surface Processes and Ecosystem Changes Through Response Analysis) así como la validación de algoritmos de tratamiento de imágenes del instrumento MERIS, a bordo del satélite ENVISAT, y el CHRIS, a bordo del PROBA. Para realizar la mencionada caracterización se ha utilizado la siguiente instrumentación: Sensores para la medida de radiación solar (espectrómetro LICOR y fotómetro CIMEL) operados por el Grupo de Radiación Solar de la Universidad de Valencia, sistema de radiosondeos termodinámicos propiedad del Instituto Nacional de Meteorología (INM) y operado por el Departamento de Termodinámica de la Universidad de Valencia, un monitor láser

GRIMM para la medida de partículas en superficie y un sistema de teledetección (LIDAR), ambos operados por el Grupo de Contaminación Atmosférica del CIEMAT. En este trabajo en concreto se resumen los resultados obtenidos con el equipo LIDAR y su comparación con los radiosondeos termodinámicos, con objeto de establecer tanto la altura de la capa de mezcla, que confina la mayor parte de los aerosoles troposféricos, como la distribución vertical de estos últimos.

2. Instrumentación

2.1. Equipo LIDAR CIEMAT.

El sistema LIDAR del CIEMAT es un equipo móvil basado en un láser de Nd:YAG (Continuum NY82-20) operando en el segundo armónico (532 nm). Las características del equipo se han descrito en [1]. La ventana de detección, seleccionable mediante un generador de pulsos que controla la ganancia del detector, se eligió con un retraso de 1 μ s respecto al disparo láser y 20 μ s de duración, lo que produce señales de retorno entre 250 y 6000 m. Estas señales fueron corregidas en distancia y promediadas espacialmente para mejorar la relación señal-ruido (SNR), obteniéndose una resolución vertical de 6 m. Cada medida corresponde a un promedio temporal de 1200 pulsos láser (1 minuto). El protocolo de medida consistió en la obtención sistemática de perfiles verticales con adquisiciones de medida cada 15 minutos a lo largo de los 5 días. En el intervalo de 2 horas entorno a la hora de paso del satélite, el tiempo entre medidas se redujo a 5 minutos.

2.2. Radiosondeos termodinámicos

El sistema utilizado para la realización de radiosondeos termodinámicos se basaba en el empleo de globos libres equipados con radiosondas Vaisala RS80, que miden, a intervalos regulares, presión, temperatura y humedad del aire. El equipo se completa con una estación receptora AIR Inc. TS-2AR s/n 259 para la captura de la señal. La altura de la sonda puede estimarse usando la ecuación hidrostática, función de la presión. La humedad relativa se

calcula a partir de las medidas de termómetro seco y húmedo. La velocidad y dirección de viento no se miden directamente pero pueden calcularse a partir de la información GPS de la posición de la sonda en cada instante. Dos globos fueron lanzados cada día, uno por la mañana temprano, antes de que la capa de mezcla comience a desarrollarse, y otro a la hora de paso del satélite, con objeto de caracterizar de manera precisa el perfil de vapor de agua en las capas bajas, que cambia rápidamente durante el día debido a la irradiación solar. Las coordenadas de la estación base eran: Longitud: 2° 6' 10" W y Latitud: 39° 3' 44" N.

3. Resultados

El análisis meteorológico del periodo comprendido entre los días 14 y 18 de Julio de 2004, basado en los boletines del INM, muestra una situación sinóptica dominada por una baja térmica centrada en la Península Ibérica y un anticiclón atlántico que la afectaba en forma de cuña. Sobre el norte de África estaba situado un sistema de bajas presiones de origen térmico, típico desde final del invierno hasta el otoño. Esta configuración sinóptica produce generalmente días despejados con vientos flojos de componente norte. Esta situación se vio perturbada el día 16 con el paso de una bolsa de aire frío (-12°C) a 5500 metros, que junto a una masa de aire más cálido que entró desde el norte de África, formó una línea de inestabilidad que esa tarde produjo chubascos sobre el área de estudio. Este cambio en la situación meteorológica y en las condiciones de visibilidad puede apreciarse comparando las figuras 1 y 2, que representan la evolución temporal de la capa de mezcla para los días 14 y 17 obtenida mediante la interpolación de los perfiles verticales de aerosoles. En el eje de abscisas se representa la coordenada temporal, en hora local, y el de ordenadas, la altura sobre la superficie en metros. La escala de colores representa la intensidad de la señal lidar corregida en distancia, en unidades arbitrarias, valor que es proporcional a la concentración de aerosoles.

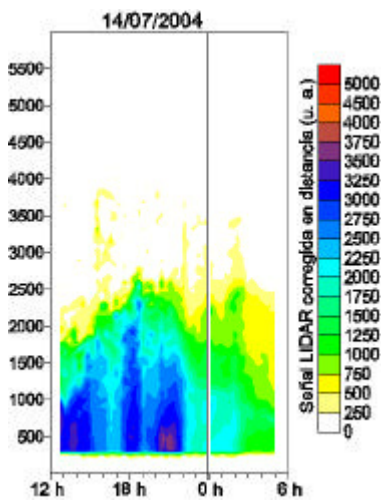


Figura 1.- Evolución temporal de la estructura de aerosoles atmosféricos el día 14/07/2004, obtenido mediante la interpolación de los perfiles verticales proporcionados por el equipo LIDAR.

La figura 1 muestra la evolución normal de la capa de mezcla, con un incremento de su altura a lo largo del día debido al calentamiento de la superficie terrestre, alcanzándose un máximo entorno a 2.5 km hacia las 18 horas, y la posterior disminución durante la noche. La hora de paso del satélite ENVISAT para este día fue las 12:31, hora local, momento en que la capa de mezcla casi alcanzaba los 2 km.

La situación mostrada en la figura 2 es sin embargo, sensiblemente distinta. Se aprecia que desde la madrugada del día 17 y durante gran parte de la jornada, la señal lidar indica una importante carga de aerosoles que alcanza los 4 km de altura. Las zonas rojas que se observan durante la noche y primeras horas de la mañana se deben a la intensa señal producida por nubes. Afortunadamente éstas se fueron disipando y en el momento de paso del satélite ENVISAT, 12:37 hora local, ya no se observan nubes sobre la vertical del equipo lidar. Los perfiles de ambos días para las horas de paso del satélite, junto con los de temperatura potencial virtual, dirección y velocidad de viento, se muestran en la figura 3. El criterio térmico para determinar la altura de la capa de mezcla utiliza el gradiente vertical de temperaturas proporcionado por los

radiosondeos para establecer el nivel hasta el que la temperatura potencial virtual es constante [2]. La figura 3 muestra que ambos días proporcionan valores similares de altura de capa de mezcla empleando este criterio, entorno a 1.5 km, a partir de la cual la temperatura potencial virtual comienza a aumentar, indicando una zona estable de la atmósfera. Además, a partir de esa altura se observa una dirección de viento constante, si bien de componente entre Norte y Oeste para el día 14 y de componente Sur para el día 17. Sin embargo, esta aproximación no proporcionaría un valor fiable para el algoritmo de corrección de la imagen de satélite, ya que indicaría una atmósfera similar en ambas situaciones. Por otra parte, las medidas lidar muestran una capa de aerosoles bien mezclada hasta 1.5 km ambos días, pero mientras que el día 14 se produce una brusca disminución para alturas superiores, hasta desaparecer antes de los 3 km, el día 17 se mantiene aproximadamente constante hasta alturas superiores a los 4 km. Estos resultados son corroborados por las medidas de espesor óptico de aerosoles (AOD) a partir de sensores pasivos de radiación solar

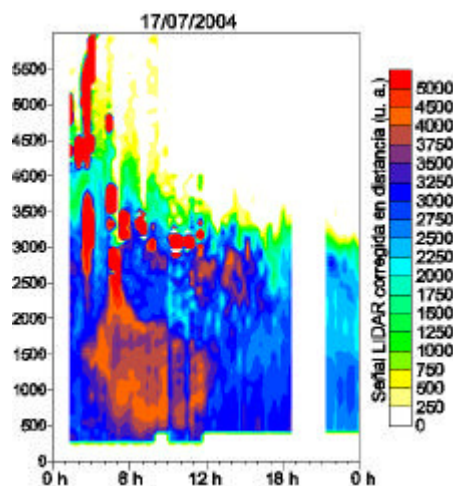


Figura 2.- Ídem para el día 17/07/2004.

realizadas por el grupo de radiación solar de la Universidad de Valencia, encontrando un incremento desde el valor ligeramente menor a 0.1 para el día 14 a un valor por encima de 0.2

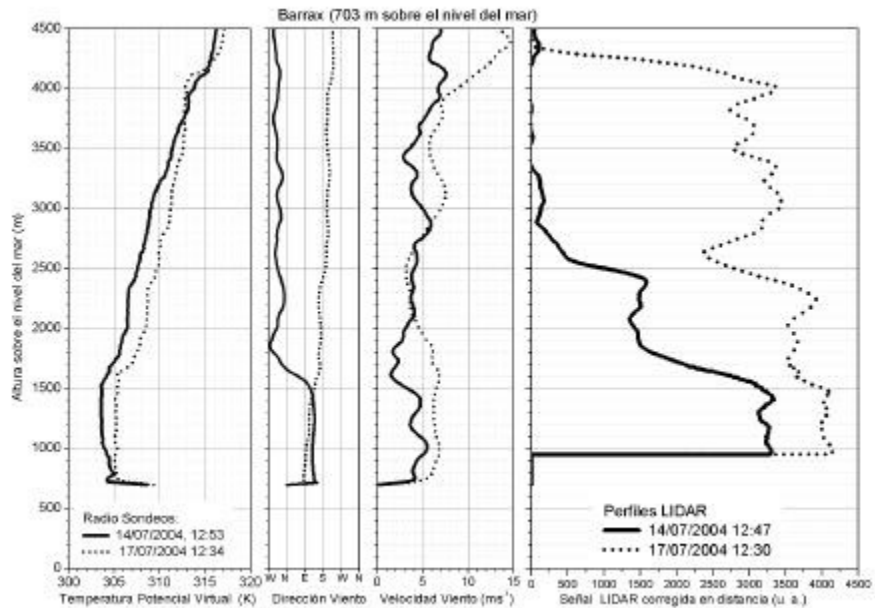


Figura 3.- Perfiles verticales de temperatura potencial virtual, dirección y velocidad de viento, obtenidas de los radiosondeos, y señal lidar corregida en distancia, proporcional a la carga de aerosoles, obtenidas del equipo lidar para los días 14 y 17 a la hora de paso del satélite ENVISAT.

para el día 17. Estas diferencias entre los dos días de paso del satélite ENVISAT permitirán evaluar el efecto de la distribución vertical de aerosoles en los algoritmos de corrección atmosférica de las imágenes proporcionadas por el instrumento MERIS gracias a la completa caracterización de la atmósfera que se llevó a cabo.

4. Conclusiones

La caracterización atmosférica realizada por el equipo lidar en el entorno de Barrax (Albacete) durante la campaña SPARC 2004 mostró dos situaciones diferentes para los días 14 y 17 de Julio, coincidiendo con el paso del satélite ENVISAT. Esta diferencia no se observa en las medidas obtenidas mediante radiosondeos, indicando la importancia de caracterizar la distribución vertical de aerosoles en lugar de inferirla a partir de la estimación de la capa de mezcla. Estas diferencias deben tenerse en cuenta en los algoritmos de corrección

atmosférica de las imágenes MERIS y CHRIS-PROBA, tomadas durante la campaña.

5. Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento al INM por facilitar la instrumentación meteorológica utilizada en el estudio.

6. Referencias

- [1] Molero F., L. Núñez, M. Pujadas y F. Jaque, "Design of a differential absorption lidar (DIAL) system and assessment of its performance" *Anales de Física* 95 229-239, 2000.
- [2] Stull, R. B., *An Introduction to Boundary layer Meteorology*, Kluwer Academic Publishers, Boston MA, 1988