

Estudio de higroscopicidad del aerosol atmosférico mediante instrumentación automática en Granada

Marcos Barreiro Romero

Dept. de Física Aplicada, Universidad de Granada, Fuentenueva s/n, 18071, Granada, Spain

Abstract. Atmospheric aerosol particles have a great influence in the Earth's radiation balance. When the adequate amount of atmosphere water vapor occurs, hygroscopic growth causes changes in the optical and microphysical properties of aerosol particles. This work focuses on automatic microwave radiometer and ceilometer measurements, to verify if they provide a good estimation of air masses homogeneity considering its potential virtual temperature, and of backscatter coefficient enhancement factor under increase of relative humidity conditions. Two study cases, corresponding to different hygroscopic growth situations, are used for illustrating the potential and possible limitations of this methodology. These cases specifically analyze two situations of hygroscopic growth occurring within certain atmospheric region, in order to provide information on the aerosol particles properties involved.

Keywords: aerosol, hygroscopic, water vapour uptake, ceilometer, microwave radiometer.

INTRODUCCIÓN

El estudio de los procesos que se producen en la atmósfera es fundamental para la predicción de desastres naturales y para la estimación del calentamiento global y el Cambio Climático que se pronostica en la investigación de las últimas décadas. Los estudios a escala microscópica son de gran dificultad y es difícil comprender al completo el entramado atmosférico con las herramientas de las que se dispone hoy en día.

Las partículas de aerosol atmosférico influyen directamente en el forzamiento radiactivo, alterando las condiciones de calentamiento y enfriamiento actuales. Entre las propiedades de estas partículas está el crecimiento higroscópico, que afecta directa e indirectamente a la dispersión y al balance de la radiación en la Tierra. El crecimiento higroscópico producido con la captación de vapor de agua por las partículas de aerosol es una de las líneas en la que está centrada la investigación atmosférica hoy en día, para la que el desarrollo de técnicas y la propuesta de instrumentos para modelizar su funcionamiento es crucial.

En este trabajo se propone una combinación del radiómetro de microondas y del ceilómetro como base para tener las herramientas suficientes en la selección de casos higroscópicos. La identificación de masas de aire homogéneas y la caracterización de las partículas de aerosol presentes en una región de la atmósfera serán las bases para poder dar magnitud a un proceso de captación de agua por las partículas a partir del coeficiente de crecimiento higroscópico y del factor de realce de la retrodispersión atenuada.

A partir de dos casos de aumento de humedad relativa en la atmósfera se analizan las limitaciones y virtudes del método empleado, así como alguna vía abierta al estudio a partir de los resultados encontrados.

DATOS E INSTRUMENTACIÓN

Los datos manejados en el análisis de este estudio son los recogidos de las medidas del radiómetro de microondas y ceilómetro ubicados en las instalaciones del CEAMA, en Granada, junto con la ayuda de herramientas online con acceso a varias bases de datos meteorológicos, para el periodo estudiado entre mayo y junio del año 2014.

Se han seleccionado dos casos de los que se disponen datos de temperatura, humedad relativa, presión a nivel de superficie y señal de retrodispersión atenuada sin calibrar, esta última obtenida del ceilómetro. Su tratamiento con el programa Matlab llevará a obtener los resultados presentados en el presente estudio.

Para la caracterización del aerosol y las características de las masas de aire en la región estudiada se hará uso también de herramientas online como el HYSPLIT (HYbrid Single-Particle Lagrangian Integrated Trayectory), que aporta la predicción de retrotrayectorias de las masas de aire, el NAAPS (Navy Aerosol Analysis and Prediction System), modelo online de estimación de concentraciones de sulfatos, humo, cenizas y profundidad óptica del aerosol (esta medida para la columna atmosférica), y de los registros que la red AERONET (AErosol RObotic NETwork, aeronet.nasa.gov.us), proporciona de sus medidas del fotómetro solar CIMEL.

METODOLOGÍA

El estudio se ha hecho siguiendo tres puntos principales:

La observación de un periodo de tiempo donde se aprecie un incremento de humedad relativa para un intervalo de alturas hasta alcanzar valores que puedan superar el 80%.

Que el análisis de la temperatura potencial virtual sea constante en el tiempo para el intervalo de alturas seleccionado, lo que permitirá afirmar en caso negativo que la masa de aire está homogeneizada.

La apreciación de un incremento del coeficiente de retrodispersión atenuada sin calibrar que proporciona el ceilómetro en el periodo y rango estudiado, que se

observará a partir de la señal corregida de rango (RCS). Esta señal se relaciona con el aumento de humedad relativa cuando hay una situación de crecimiento higroscópico.

El primer caso está seleccionado para un rango de alturas comprendido entre 1450 m y 2000 m, con un periodo temporal que va desde las 06:30 hasta las 15:30 UTC.

Existe un incremento de humedad relativa en el periodo estudiado. La temperatura potencial virtual en la región prácticamente constante, y las partículas de aerosol presentes en ese intervalo se consideran de origen antropogénico local, debidas a la contaminación en Granada. La situación refleja crecimiento higroscópico relacionado con un aumento de humedad relativa en el aire según la figura 1.

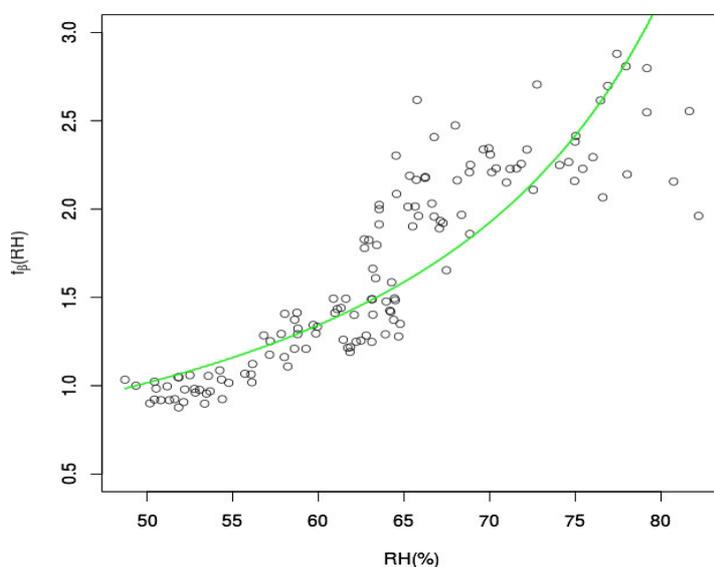


Figura 1: Evolución del factor de realce con la humedad relativa el 31/05/2014.

Se obtienen con una humedad relativa de referencia de $RH=0,48\%$ los valores para el coeficiente higroscópico $\gamma=1.25\pm 0.06$ (con un coeficiente de determinación del ajuste $R^2=0.76$), y el factor de realce para $RH=80\%$ de $f_{\beta}(80\%)=2,83$.

El segundo caso se ha delimitado escogiendo un rango de alturas comprendido entre 1000 m y 2500 m, con un periodo temporal que va desde las 14:15 hasta las 15:40 UTC. La humedad relativa aumenta en el intervalo seleccionado. La temperatura potencial virtual es aproximadamente constante y las partículas de aerosol identificadas tienen componentes antropogénicas locales, así como cierta concentración de sulfatos y posibilidad de aparición de partículas de aerosoles con origen marino. La figura 2 representa el crecimiento higroscópico detectado a partir de la retrodispersión atenuada.

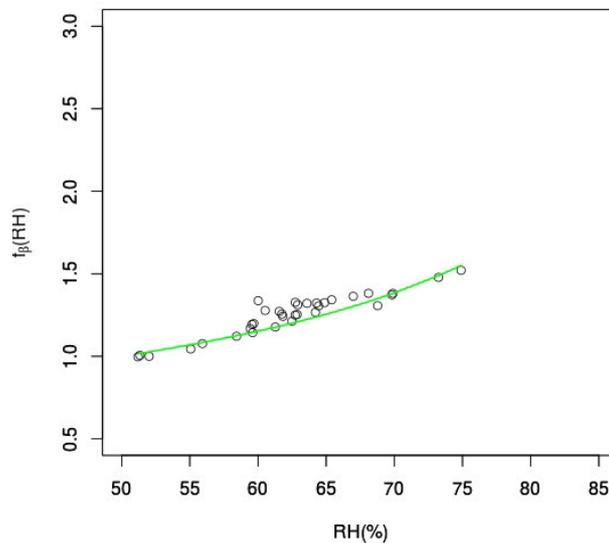


Figura 2: Evolución del factor de realce con la humedad relativa el 18/05/2014.

El valor del factor del coeficiente higroscópico es $\gamma=0,64\pm 0,05$ (con un coeficiente de determinación del ajuste $R^2=0,83$), y el factor de realce de retrodispersión alcanza para una humedad relativa de referencia de 51% un valor de $f_{\beta}(75\%)=1,49$ (para $RH=75\%$).

Comparando ambos resultados, se puede apreciar que el caso número 1 presenta un crecimiento higroscópico mayor que el caso 2, aunque según estudios previos las partículas que componen la región del caso 2 deberían ser más higroscópicas que las del caso 1. Se achaca este problema en los resultados a que en el caso 2 hay dos masas de diferentes orígenes penetrando en la región de estudio, y pueden afectar a la homogeneidad de la masa de aire que lo constituye. También el periodo temporal estudiado en el caso 2 es más pequeño, y carencias de medida del radiómetro en intervalos de 15 minutos pueden afectar a la calidad del resultado.

Los datos del caso 1 permiten comparar con resultados de otros estudios. Así, un ejemplo extraído del estudio en la Costa Este de Estados Unidos con aerosol continental muestra un resultado de $f_{\beta}(RH=85\%)=2,3$ para una humedad relativa de referencia del 60% (RH entre 60% y 85%). En nuestro caso 1 este valor alcanza $f_{\beta}(83\%)=2,78$, que es superior a pesar de que el intervalo de humedad relativa estudiada es ligeramente más pequeño (60-83%). Es posible que exista una sobreestimación con el método estudiado a partir de la señal de retrodispersión atenuada proporcionada por el ceilómetro.

CONCLUSIONES

Todas las herramientas e instrumentos empleadas en este estudio son automáticas o informáticas vía web, y pueden ser suficientes para caracterizar el aerosol y definir

eventos de crecimiento higroscópico. En este marco las medidas proporcionadas por el radiómetro de microondas y el ceilómetro pueden ser suficientes para identificar una situación de crecimiento higroscópico.

El método utilizado en este estudio para intervalos temporales pequeños se condiciona por las medidas de un radiómetro de microondas utilizadas, que presentan carencias de datos (faltan 15 minutos cada hora) para poder realizar una estimación correcta de casos con crecimiento higroscópico.

Las partículas de aerosol atmosférico contaminadas por polución local presentan crecimiento higroscópico, que puede verse afectado por la inclusión de otras partículas procedentes del exterior de la región considerada.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar agradecer a los tutores Juan Luis Rascado y Alberto Cazorla su paciencia, ánimo y dedicación para ayudarme a realizar este trabajo, sin ellos no habría sido posible realizarlo.

También agradecer a todos mis amigos y compañeros de Máster todas las palabras de ánimo y el estar ahí en los momentos difíciles para poder trabajar con más ganas si cabe, y conseguir distraerme en los momentos más duros.

Por último, felicitar a mis padres porque sin ellos no habría podido cursar este Máster y no habría tenido las fuerzas para poder superar todos los problemas. Por ello, gracias.

REFERENCIAS

1. Fernández, A.J., Apituley, A., Veselovskii, I., Suvorina, A., Henzing, J., Pujadas, M., Artñano, B. (2015), Study of aerosol hygroscopic events over the Cabauw experimental site for atmospheric research (CESAR) using the multi-wavelength Raman lidar Caeli, *Atmospheric Environment*, doi: 10.1016/j.atmosenv.2015.08.079.
2. Guerrero-Rascado, J.L., D. Müller, F. Navas-Guzmán, D. Pérez-Ramírez, and L. Alados-Arboledas (2011), First results of aerosol microphysical properties by 3+2 Raman lidar at EARLINET Granada station, *Romanian Journal of Physics*, 56 (3-4), 467-475.
3. Granados-Muñoz, M.J., F. Navas-Guzmán, J. A. Bravo-Aranda, J. L. Guerrero-Rascado, A. Valenzuela, J. Fernández-Gálvez, H. Lyamani, G. Titos and L. Alados-Arboledas (2015), Hygroscopic growth of atmospheric aerosols based on active remote sensing and radiosounding measurements, *Atmos. Meas. Tech.*, 8, 705–71, URI: <http://hdl.handle.net/10481/35686>.
4. Titos, G., I. Foyo-Moreno, H. Lyamani, X. Querol, A. Alastuey, and L. Alados-Arboledas (2012), Optical properties and chemical composition of aerosol particles at an urban location: An estimation of the aerosol mass scattering and absorption efficiencies, *J. Geophys. Res.*, 117, D04206, doi:[10.1029/2011JD016671](https://doi.org/10.1029/2011JD016671).
5. Veselovskii, I., D. N. Whiteman, A. Kolgotin, E. Andrews, and M. Korenskii (2009), Demonstration of Aerosol Property Profiling by Multiwavelength Lidar under Varying Relative Humidity Conditions. *J. Atmos. Oceanic Technol.*, 26, 1543–1557.