

## TRABAJO FIN DE MÁSTER

# Caracterización de la dependencia espectral del coeficiente de absorción de los aerosoles en Granada

Lourdes Elvira Hernández

Septiembre 2015

*Máster en Geofísica y Meteorología  
Universidad de Granada*

**Resumen.** En este trabajo se presenta el análisis de las medidas espectrales del coeficiente de absorción obtenidas mediante una nueva versión del Aetalometro (el modelo AE33) desde el 2 Febrero de 2014 hasta el 30 Enero de 2015 en la ciudad de Granada (España). Como novedad este modelo incorpora el método *dualspot*, el cual proporciona medidas de dos *spots* paralelos y a distinta carga, siendo capaz de compensar el efecto de carga producido en modelos anteriores que utilizan un solo *spot*. La comparación de las medidas obtenidas por ambos métodos muestra que debido al efecto de carga el método usado en los modelos anteriores sub-estima el coeficiente de absorción de aerosoles en un 38% en longitudes de onda corta y en un 13% en longitudes de onda larga. Por otro lado, el análisis estacional de los parámetros de absorción de aerosol atmosférico indica una mayor carga de partículas absorbentes del aerosol atmosférico en invierno y una mayor contribución de partículas de carbón marrón originadas por la combustión de biomasa (calefacción, quema agrícola o encendidos). El coeficiente de absorción del aerosol atmosférico, parámetro que indica la carga de partículas absorbentes, muestra un claro patrón diario con dos máximos, uno por la mañana y otro por la tarde, que coinciden con la hora punta de tráfico. Este parámetro es más alto en días laborales y disminuye en los fines de semana debido a la reducción en las emisiones por el tráfico. Tanto el análisis estacional como semanal y diario de los parámetros del aerosol indican que la principal fuente local de partículas que afecta a la ciudad de Granada es el tráfico. El análisis del efecto de las masas de aire sobre las características del aerosol muestra que las masas de aire que provienen del atlántico a gran altura de la superficie tienen menor carga de partículas absorbentes que las otras masas de aire.

**Palabras clave:** Aethalometer, dualspot, coeficiente de absorción, Exponente de Ångström, partículas, parámetro de compensación de la carga.

## INTRODUCCIÓN

Las partículas absorbentes en suspensión en la atmósfera tales como el carbón negro, el carbón marrón y el polvo mineral, son de interés por su relevancia en el balance radiativo, la calidad del aire y la salud humana. Estas partículas pueden absorber la radiación solar contribuyendo así al calentamiento de la atmósfera. La absorción es un componente relevante en el balance radiativo y, debido a sus incertidumbres, debe caracterizarse mejor para reducir la incertidumbre en los modelos climáticos (Kirchstetter et al., 2004). La absorción se determina mediante el coeficiente de absorción,  $\sigma_{AP}(\lambda)$  (Petzold et al., 2013), el cual no es fácil de estimar debido a la falta de instrumentos fiables (Moösmuller et al., 2009). Los instrumentos más utilizados para medir la absorción se basan en la deposición de partículas sobre la matriz de un filtro, midiendo el cambio de la atenuación de luz que pasa por este filtro a medida que se va cargando de partículas. Pero estos instrumentos presentan errores en las medidas de absorción. Uno de estos errores es el llamado error de carga o *loading*, cuya consecuencia es la subestimación de los valores del coeficiente de absorción. Debido a estas deficiencias se ha desarrollado recientemente el método “*dualspot*”, el cual compensa este efecto de carga utilizando dos *spots* paralelos sobre el filtro con dos flujos de aire distintos (Drinovec et al., 2015).

Los objetivos del trabajo son evaluar la corrección del efecto de carga o *loading* que el método *dualspot* realiza y caracterizar las propiedades de absorción del aerosol atmosférico, anual, estacional, mensual, semanal y diariamente sobre la ciudad de Granada. Además, se analiza el efecto de las masas de aire sobre las propiedades del aerosol atmosférico durante la campaña de medidas.

## INTRUMENTACIÓN Y MEDIDAS

Las medidas se han realizado en Granada, en las instalaciones del IISTA-CEAMA (37.18°N, 3.6 °, 680 m.a.s.l), desde el 2 de febrero de 2014 al 30 de enero de 2015. Granada es una ciudad de tamaño medio no industrializada localizada al sur de España. Debido a su situación geográfica esta ciudad se ve influenciada por partículas procedentes de Europa (antropogénicas) y del Norte de África (fuente de polvo mineral) (Lyamani et al., 2005; Valenzuela et al., 2012a). Las principales fuentes de partículas locales son el tráfico y los sistemas de calefacción (Lyamani et al., 2010).

El Aethalometer es un instrumento basado en un filtro de matriz de cuarzo donde se depositan las partículas recogidas en un punto blanco (*spot*). Los modelos más antiguos del Aethalometer utilizan un solo *spot* en el filtro para obtener las medidas del coeficiente de absorción en 7 longitudes de onda (370, 470, 520, 590, 660, 880 y 950 nm), estimando la atenuación de la luz (*ATN*) a través de la matriz del filtro de cuarzo a medida que las partículas se depositan (Hansen 2005):

$$\sigma_{AP}(\lambda) = \frac{\Delta ATN \cdot S}{\Delta t \cdot Q} \quad (1)$$

dónde *S* es el área de la muestra del *spot* y *Q* es la tasa del flujo de muestreo en el intervalo de tiempo  $\Delta t$ .

Las medidas de  $\sigma_{AP}(\lambda)$  obtenidas mediante este método son poco fiables porque a medida que el *spot* se va cargando se reduce la respuesta por parte de estos instrumentos. Para subsanar este error (efecto “loading”) se ha desarrollado el método “*dualspot*”, el cual compensa este efecto de carga utilizando dos *spots* paralelos sobre el filtro con dos flujos de aire distintos (Drinovec et al., 2015):

$$\begin{aligned}\sigma_{spot1AP}(\lambda) &= \sigma_{dualAP}(\lambda) * (1 - k * ATN_{spot1}) \\ \sigma_{spot2AP}(\lambda) &= \sigma_{dualAP}(\lambda) * (1 - k * ATN_{spot2})\end{aligned}\quad (2)$$

donde  $ATN_{spot1}$  y  $ATN_{spot2}$  son la atenuación para el *spot1* y el *spot2*.  $\sigma_{spot1AP}(\lambda)$  y  $\sigma_{spot2AP}(\lambda)$  son el coeficiente de absorción sin corregir para el *spot1* y el *spot2* (que se obtienen mediante la ecuación 1) y  $\sigma_{dualAP}(\lambda)$  es el coeficiente de absorción corregido.  $k$  es un factor de corrección del efecto “loading”.

Teniendo en cuenta las ecuaciones anteriores, y un factor de corrección de la dispersión múltiple para el aerosol atmosférico ( $C$ ), podríamos estimar el coeficiente de absorción corregido mediante (Drinovec et al., 2015):

$$\sigma_{dualAP}(\lambda) = \frac{\sigma_{spot1} - \frac{ATN_{spot1}}{ATN_{spot2}} \sigma_{spot2}}{C \left(1 - \frac{ATN_{spot1}}{ATN_{spot2}}\right)}\quad (3)$$

Obteniendo  $\sigma_{dualAP}(\lambda)$  se puede calcular el parámetro  $k$ , relacionado con el envejecimiento de las partículas, a partir de una de las ecuaciones de (2).

A partir de estas medidas y aplicando la ley de Ångström (Ångström, 1920) se calcula el exponente de Ångström,  $\alpha(\lambda_1/\lambda_2)$ :

$$\alpha(\lambda_1/\lambda_2) = \frac{\ln\left(\frac{\sigma_{AP}(\lambda_1)}{\sigma_{AP}(\lambda_2)}\right)}{\ln\left(\frac{\lambda_1}{\lambda_2}\right)}\quad (4)$$

El exponente de Ångström nos indicará el tipo de aerosol absorbente (Utry et al., 2014, Moösmuller et al., 2011). Para valores próximos a 1 indicará la presencia de BC (hollín, carbón negro), y para valores entre 1.5 y 7 indicará la presencia de BrC (carbón marrón) (Hoffer et al., 2006).

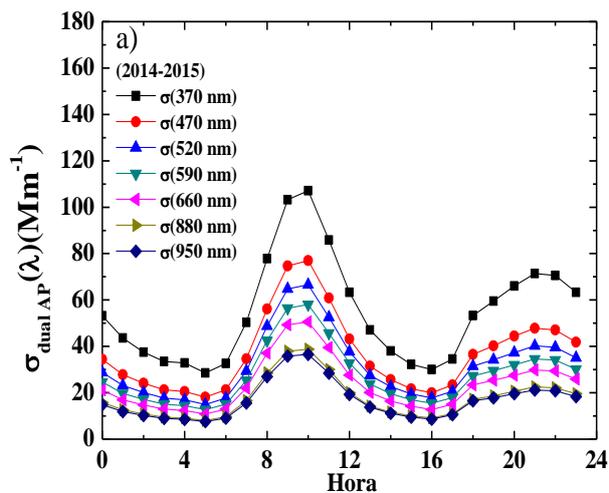
## RESULTADOS

El análisis de las medidas obtenidas por una nueva versión del Aetalometro (el modelo AE33) muestra que debido al efecto de carga el método usado en los modelos anteriores sub-estima el coeficiente de absorción de aerosoles en un 38% en longitudes de onda corta y en un 13% en longitudes de onda larga.

Todas las variables analizadas presentan una gran variabilidad temporal, asociada de modo general a la variabilidad de las condiciones atmosféricas y de las fuentes de emisión.

Los valores del coeficiente de absorción son más altos en invierno, indicando que durante los meses de invierno la carga de las partículas absorbentes cerca de la superficie terrestre es mayor que durante los meses de verano. Las emisiones antropogénicas propias de invierno (calefacción doméstica) junto con la menor altura de la capa límite planetaria pueden explicar el incremento de los valores del coeficiente de absorción durante esta estación. Además, el análisis estacional del exponente de Ångström sugiere que hay una mayor contribución de carbón marrón en invierno, originado por la práctica de quema agrícola y biomasa.

Todos los parámetros del aerosol analizados muestran un claro patrón diario. El coeficiente de absorción presenta dos máximos diarios que coinciden con dos mínimos en el exponente de Ångström (Figura 1). Esto se debe a la elevada tasa de emisión de partículas absorbentes asociadas al tráfico, poniendo en manifiesto la gran influencia del tráfico en la ciudad.



**FIGURA 1.** Evolución diaria de los coeficientes de absorción (para cada una de las 7 longitudes de onda).

Los valores del coeficiente de absorción descienden de viernes a domingo debido a una menor actividad del tráfico en fines de semana, evidenciando otra vez el gran impacto del tráfico. Por otro lado, los valores del exponente de Ångström y el parámetro de compensación permanecen casi constantes, indicando que no hay cambios en el tipo de aerosol absorbente a lo largo de la semana.

El análisis de la influencia de las masas de aire sobre los aerosoles atmosféricos indica que cuando han circulado cercanas a la superficie terrestre y a baja altura los valores del coeficiente de absorción son altos y por el contrario cuando han viajado por el océano y a mayor altura están más limpias. Además, no existe diferencia entre los valores de los exponentes de Ångström y del parámetro  $k$  obtenidos para las distintas

masas de aire que afectan Granada, indicando que no hay diferencia significativa en el tipo de aerosol absorbente presente en cada masa de aire.

## **CONCLUSIONES.**

Los resultados obtenidos en este trabajo muestran que el método usado en los modelos anteriores del Aethalometer sub-estima el coeficiente de absorción de aerosoles debido al efecto de carga.

El análisis de las variaciones estacionales, semanales y diarias de los parámetros de absorción del aerosol atmosférico pone en evidencia el gran impacto que tiene el tráfico sobre las características del aerosol. Además, los resultados indican una mayor contribución del carbón marrón (originado por la quema de biomasa en los sistemas de calefacción y la quema agrícola) durante la época del invierno. También, el análisis muestra el importante impacto que tienen las masas de aire sobre las características del aerosol, siendo la carga de aerosoles absorbentes más baja cuando estas masas de aire provienen del atlántico a gran altura.

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo ha sido dirigido por Hassan Lyamani y Francisco José Olmo Reyes, a quienes les agradezco su atención y disponibilidad y dedicación hacia mi persona y hacia el trabajo.

Especialmente debo de agradecer a Hassan su paciencia y comprensión a la hora de dedicarme tiempo para poder realizar este trabajo.

## **REFERENCIAS**

- Drinovec L., Močnik G., Zotter P., Prévôt A.S.H., Ruckstuhl C., Coz E., Rupakheti M., Sciare I., Müller T., Wiedensohler A. and Hansen D.A., 2015. The "dual-spot" Aethalometer: an improved measurement of aerosol black carbon with real-time loading compensation. *Atmospheric Chemistry & Physics*, 8, 1965-1979.
- Kirchstetter, T. W., Novakov, T., and Hobbs, P. V.: Evidence that the spectral dependence of light absorption by aerosols is affected by organic carbon, *J. Geophys. Res.*, 109, D21208, doi:10.1029/2004JD004999, 2004.
- Lyamani, H., Olmo, F. J., and Alados-Arboledas, L., 2005. Saharan dust outbreak over southeastern Spain as detected by sun photometer, *Atmospheric Environment*, 39, 7276-7284.
- Lyamani H., Olmo F.J. and Alados-Arboledas L., 2010. Physical and optical properties of aerosols over an urban location in Spain: seasonal and diurnal variability. *Atmospheric Chemistry & Physics*, 10, 239- 254.
- Moosmüller H., R.K. Chakrabarty R.K., Arnott W.P., 2009. Aerosol light absorption and its measurement: A review, *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer* 110, 844-878.
- Petzold A., Ognen J.A., Fiebig M., Laj P., Li S.M., Baltensperger u., Holzer-Popp T., Kinne S., Pappalardo G., Sugimoto N., Wehrli C., Wiedensohler A. and Zhang X.-Y., 2013. Recommendations for reporting "black carbon" measurements. *Atmospheric Chemistry & Physics*, 13, 8365-8379.