

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE OZONO EN LA VERTICAL USANDO LA BANDA DE CHAPPUIS EN LA REGION DEL ESPECTRO VISIBLE

P. Durán García, V.E. Cachorro Revilla (*)

Dpto. de Física Aplicada I, E.T.S. de Ingenierías Agrarias

Avda. de Madrid 57. 34071 Palencia.

Tfno: 979-729048; Fax: 979-729069; email: eupap@cpd.uva.es

A.M. de Frutos Baraja (*)

Dpto. de Optica y Física Aplicada. Facultad de Ciencias. Valladolid

Prado de la Magdalena s/n. 47071 Valladolid.

Tfno: 983-423270; Fax: 983-423013.

() Sección de Optica Atmosférica. Centro de Tecnología Láser, CTL*

Parque Tecnológico de Boecillo. 47151 Boecillo. Valladolid

Tfno: 983-548040; Fax: 983-548034

Universidad de Valladolid

RESUMEN.- Se ha desarrollado un método basado en la absorción de la banda de Chappuis en la región visible del espectro para obtener el contenido total de ozono en la vertical de la atmósfera por medio de medidas de irradiancia solar espectral directa. Debido a la gran sensibilidad que el ozono muestra a la contribución de aerosoles en esta región, el espesor óptico de estos se determina mediante un cuidadoso ajuste supervisado usando las ventanas adecuadas. A fin de comparar los datos de este método, también se han utilizado otros dos métodos tomando la banda UV-Hartley-Huggins (300-350 nm), uno basado la absorción diferencial y otro análogo al del visible. Estos datos han sido determinados en una zona rural en Valladolid. Los valores analizados hasta la fecha están de acuerdo a los esperados, así como la clara tendencia estacional manifestada por los mismos durante este período de medida.

ABSTRACT.- A method based on the absorption of Chappuis band in the visible region has been developed in order to retrieve column ozone content in the atmosphere by means of direct spectral irradiance measurements. Due to the great sensitivity of ozone to aerosol contribution in this band a careful supervised fitting using adequate windows is carried out. Also the retrieval in the UV-Hartley-Huggins band (300-350 nm) is carried out by two different methods, one is based on the differential absorption and the another is similar to the visible one. In this way a comparative analysis is carried out which shows slight variations. These data have been retrieved in a rural area in Valladolid (Spain), and they are according to the expected ones, but seasonal tendencies during our period of measurements are clearly manifested.

1.- INTRODUCCION

El ozono es uno de los gases atmosféricos cuyo contenido varía tanto espacial como temporalmente, mostrando una clara tendencia estacional, sin embargo en estos últimos diez años, desde el descubrimiento del agujero de ozono en la Antártida se han incrementado las

estaciones de medidas en todo el mundo a fin de verificar de manera fiable la existencia de una disminución continua en el contenido total de ozono. Las técnicas de absorción diferencial son las comunmente empleadas para obtener el contenido total de ozono vertical usando datos de radiación. El método Dobson en la región UV es el más utilizado. La utilización de la región UV frente a la visible del espectro tiene un aspecto positivo, el ser una zona de absorción fuerte, pero está ligado a uno negativo, los bajos valores de la intensidad de radiación. Las medidas en el visible eluden esta última dificultad, pero debido a la anchura de esta banda y su baja absorción, el método de absorción diferencial no es el más apropiado y es necesario un procedimiento que contabilice la aportación de toda la banda así como una cuidadosa evaluación de la aportación de los aerosoles. En la región visible la contribución más importante es la debida a los aerosoles, por tanto esta contribución junto con la del ozono han de considerarse conjuntamente para una adecuada determinación de ambos.

El propósito de este trabajo es determinar el contenido de ozono vertical bajo diferentes condiciones atmosféricas analizando la influencia de los diversos factores involucrados así como los problemas referentes a las diferentes metodologías utilizadas. La obtención del contenido de ozono en la vertical corresponde a medidas tomadas con cielos claros desde marzo hasta noviembre de 1995. En este trabajo no entraremos en el detalle de la variación del ozono durante este período de medida sino que nos centraremos en las metodologías que hemos utilizado para su determinación.

2.- MEDIDAS EXPERIMENTALES

Se ha establecido a comienzos de 1995 una estación de medida de radiación espectral en el Centro de Tecnología Láser, localizado en un área rural a 20 Km de la ciudad de Valladolid en la Región de Castilla y León (España). Los datos de la irradiancia espectral directa permiten determinar ozono, vapor de agua y las características de aerosoles (Cachorro and De Frutos, 1994). Medidas adicionales de la irradiancia global y la irradiancia reflejada por diferentes tipos de superficie nos permiten abordar el problema de la modelización de la radiación espectral en su totalidad (Cachorro et al., 1994), así como el tema de correcciones atmosféricas, de extensa aplicación en teledetección (Cachorro et al., 1995). Las medidas de radiación espectral son realizadas con un espectroradiómetro comercial LI-1800 LI-COR en el rango espectral de 300 a 1100 nm (6 nm de resolución espectral) junto con otros elementos ópticos auxiliares.

3.- METODO

Se ha desarrollado un método basado en la banda de absorción de Chappuis en la región visible para obtener el contenido de ozono columnar en la atmósfera por medio de medidas de irradiancia solar espectral directa. Usando estos datos y la ley de Lambert-Beer el espesor óptico total de la atmósfera se obtiene fácilmente (LeBaron and Michalky, 1989; Cachorro and De Frutos, 1994). Debido a la anchura y baja absorción del ozono en esta banda y también debido a las interferencias del vapor de agua, la obtención del contenido de ozono no es tarea fácil, a lo que se une la contribución del aerosol. Se observa además que los valores de ozono presentan una gran sensibilidad a los efectos mencionados. Para obtener buenos resultados, se requiere realizar un cuidadoso ajuste supervisado entre los datos experimentales y modelizados usando las ventanas espectrales adecuadas. El ajuste de aerosoles se realiza de acuerdo a la ecuación de Angstrom. Otras formulaciones, así como otros métodos matemáticos más sofisticados para la determinación simultánea de ozono y

aerosoles obtienen resultados similares (Flittner et al., 1993, Martínez-Lozano et al., 1995). En la figura 1 se muestra el espesor óptico total experimental de la atmósfera y el teórico con y sin la contribución de la absorción del ozono. La figura 2 muestra los valores de ozono obtenidos para cada longitud de onda desde 560 a 645 nm junto con el valor medio. Como puede observarse, hay una gran dispersión de los valores de ozono dependiendo de la longitud de onda, sin embargo el valor medio da un resultado correcto.

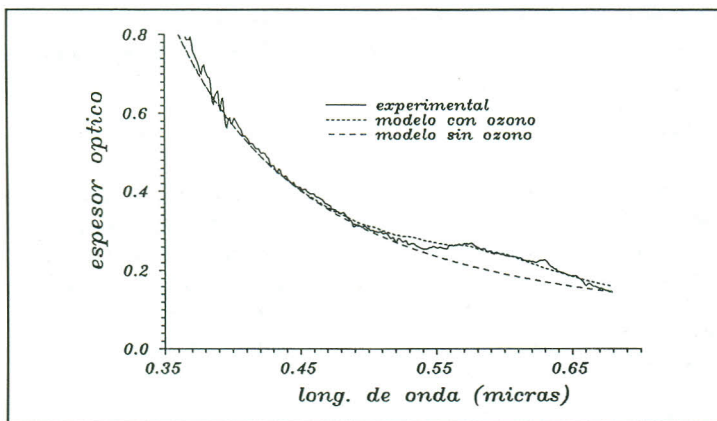


Figura 1.- Espesor óptico espectral experimental de la atmósfera junto con el teórico con y sin la contribución del ozono.

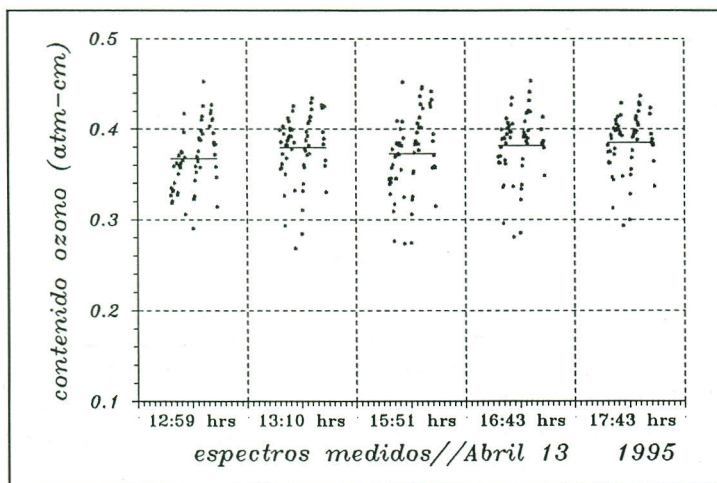


Figura 2.- Valores del ozono para cada uno de los 5 espectros de un día de medida para cada una de las longitudes de onda en el rango 545-560 (puntos) junto con su valor medio.

También en forma independiente se obtienen valores de ozono usando la banda de UV-Hartley-Huggins (300-350 nm) (Molina and Molina, 1986). En esta banda usamos dos

procedimientos. El primero tomando la información de la absorción en todo el rango 300-350 nm, con lo cual usamos la información sobre aerosoles obtenida anteriormente, y la otra seleccionando dos longitudes de onda en correspondencia con el método Dobson. En este último caso el par de longitudes de ondas 309 y 329 nm son las mas apropiados, de acuerdo a los valores obtenido con los otros dos métodos. También se observa de nuevo aquí una gran dispersión en los valores de ozono, similar a esa observada anteriormente en la banda del visible. Debido a los bajos valores de irradiancia en esta región y a la sensibilidad de nuestro instrumento, los valores de ozono medidos con bajas masas de aire se aproximan mejor a los medidos en el visible, no siendo muy fiables los medidos para masas de aire grandes.

4.- RESULTADOS

En la figura 3 puede observarse simultáneamente la evolución de los valores del ozono obtenidos usando la banda de Chappuis en el visible y los dos métodos usando la banda del UV, de un día típico de medida (13 de Marzo de 1995). Con los datos disponibles actualmente, se observa siempre que los valores de ozono obtenidos en el visible son mayores que aquellos obtenidos en el UV. También los valores obtenidos usando el método de absorción diferencial están entre los obtenidos en el visible y el método aplicado en el UV, como se muestra en esta figura. La figura 4 muestra la evolución del ozono obtenido durante el mes de Abril de 1995. El valor del ozono diario se obtiene tomando el promedio de las medidas realizadas.

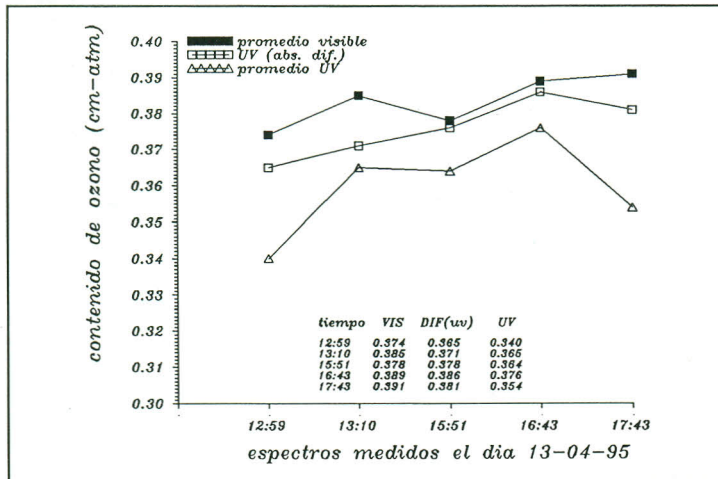


Figura 3.- Valores del ozono obtenidos usando la banda de Chappuis y los dos métodos de la banda UV.

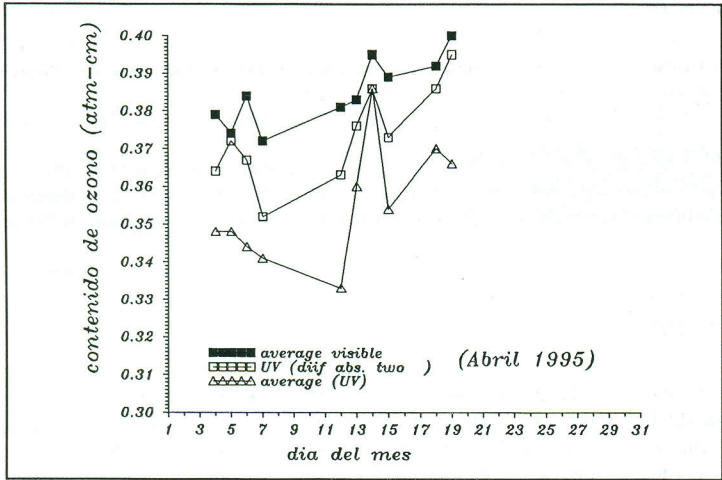


Figura 4.- Evolución del valor medio diario del ozono durante el mes de abril de 1995.

En la figura 5 podemos observar los valores puntuales (diariamente se toman entre 3 y 5 espectros) obtenidos a lo largo del período de medida que va desde marzo a noviembre de 1995 correspondiente al método utilizado en el visible (cuadrados) y al método de absorción diferencial en el UV. Se observa una clara disminución desde abril hasta octubre, de acuerdo a la variación estacional. La validez de estos datos puede hacerse extensiva a una zona de 200 km de radio alrededor del punto de muestreo. Podemos por tanto decir que estos datos son representativos de la región de Castilla y León al no existir otra estación de medida en toda la zona. La estación más próxima perteneciente al INM se ubica en Madrid. Actualmente estamos llevando a cabo un proceso comparativo entre nuestros datos y los datos del INM así como con los proporcionados por la NASA correspondientes a esta latitud.

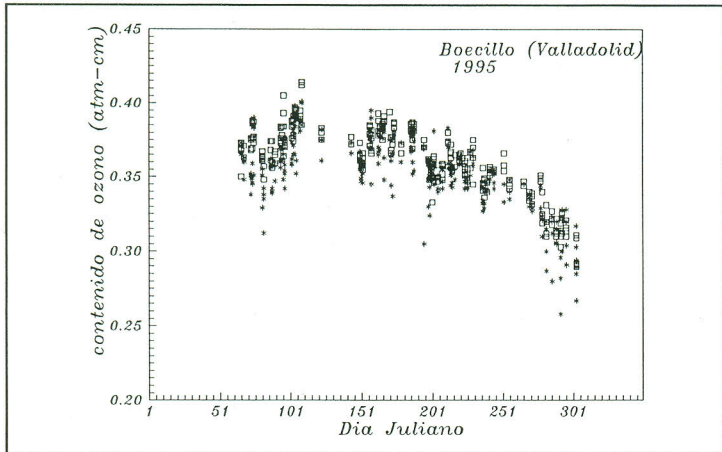


Figura 5.- Evolución a lo largo del año de los valores instantáneos tomados a lo largo del día del contenido total de ozono atmosférico en Boecillo (Valladolid).

5.- REFERENCIAS

- Amoruso, A. Cacciani, M., DiSarra, A. and Fiocco, G. 1990. Absorption cross section of ozone in the 590 to 610 nm region at T=299 K. *J. Geophys. Res.* **95**, 20565-20568.
- Cachorro, V.E. and De Frutos, A.M. 1994. Retrieval of the atmospheric aerosol characteristics from visible extinction data at Valladolid (Spain). *Atmos. Environ.* **28**: 963-971.
- Cachorro, V.E., Duran, P., de Frutos, A.M. Utrillas, M.P. and Martínez-Lozano, J.A. 1995. Ozone content determination and aerosol characteristics from spectral radiation measurements in Valladolid (Spain). *In European Symposium on Satellite Remote Sensing II*, Paris. Proc. SPIE **2582**, Atmospheric Sensing Modelling II.
- Cachorro, V.E., Duran, P. y de Frutos, A.M. 1995. Caracterización del aerosol atmosférico: aplicaciones a las correcciones atmosféricas. *En VI Reunión Científica de la Asociación Española de teledetección*. Valladolid.
- Cachorro, V.E., Utrillas, P., Martínez-Lozano, J.A. and de Frutos, A.M. 1994. Measurements and modelled data of solar spectral global, direct and diffuse radiation at Valencia (Spain). *In Passive Infrared Remote Sensing of Clouds and the Atmosphere II*. D.K. Lynch (Eds). Proc. SPIE **2309**: 306-317.
- Flittner, D.E., Herman, B.M., Thome, K.J. and Simpson, J.M. 1993. Total ozone and aerosol depths inferred from radiometric measurements in the Chappuis absorption band. *J. Atmos. Sci.*, **50**: 1113-1121.
- LeBaron, B.A. and Michalsky, J.J. 1989. Ozone measurements using the Chappuis band in the visible spectral region. *In IRS'88: Current Problems in Atmospheric Radiation*. J. Lenoble and J.F. Geleyn (Eds). pp. 519-522. A. Deepak Publishing. Hampton, Virginia USA.
- Martínez-Lozano, J.A., Utrillas, M.P., Tena, F. and Cachorro, V.E. 1995. Comparison of two methods for inferring total columnar ozone amount and aerosol optical depth. *In European Symposium on Satellite Remote Sensing II*. Paris. Proc. SPIE **2582**, Atmospheric Sensing Modelling II.
- Molina, L.T. and Molina, M.J. 1986. Absolute absorption cross sections of ozone in the 185-350 nm wavelength range. *J. Geophys. Res.* **95**, D13, 14501-14508.