



## El fotómetro solar Microtops-II: Calibración y re-evaluación de ozono total en columna.

V. Carreño, A. Redondas y E. Cuevas

Observatorio Atmosférico de Izaña - Instituto Nacional de Meteorología

*El Microtops II es un fotómetro solar portátil de 5 canales con longitudes de onda centradas en 305.5, 312.5, 320, 940 y 1020 nm, y con 2.5 nm de FWHM en los canales ultravioleta. Los tres canales de ultravioleta permiten la medida de la componente directa de radiación UV-B y el cálculo de la columna total de ozono. A partir de los canales de 940 y 1020 nm se calcula la columna de agua precipitable y directamente del canal de 1020 nm se obtiene el espesor óptico de aerosoles. La versatilidad del instrumento lo ha convertido en una herramienta muy útil para su utilización en campañas de medida, como la celebrada en El Arenosillo (Huelva) en septiembre de 1999 o la campaña VELETA 2002 celebrada en Granada. Durante esta última campaña se llevo a cabo la calibración e intercomparación de varios Microtops II, además de la re-evaluación de los datos de ozono usando las nuevas constantes de calibración calculadas. En este trabajo, describiremos el proceso de calibración y cálculo de datos derivados de ozono para el Microtops II.*

### 1. Introducción

El principio de operación de múltiples instrumentos dedicados a la medición de la columna de ozono está basado en la propiedad de este de absorber la radiación más fuertemente en las longitudes de onda cortas que en las largas, este es el caso del Microtops II. Los instrumentos de medición de ozono en columna basados en filtros son mucho más pequeños y menos costosos que los instrumentos espectrofotométricos aunque los primeros presentan como inconvenientes las imperfecciones en la monocromaticidad, el ancho de banda, dependencia de temperatura, la orientación de los filtros y el envejecimiento de los filtros que produce un desplazamiento gradual de la longitud de onda central (Lawrence et al., 1996). Muchos de estos problemas se han ido resolviendo a medida que ha avanzado la tecnología quedando actualmente como principal problema la dificultad de fabricar filtros con especificaciones técnicas idénticas, fabricándose actualmente con una tolerancia del 1-2%.

En estas diferencias en la fabricación de los filtros y su posterior degradación por el uso radica la importancia de la adecuada calibración de los instrumentos y la reevaluación de los datos cuando sea necesario.

### 2. Datos y metodología

La calibración del Microtops II requiere el análisis de la intensidad de la radiación medida en cada canal asumiendo la validez de la ley de Lambert-Beer, que aplicada a la absorción de ozono y scattering Rayleigh de la atmósfera, nos lleva a la ecuación:

$$I = I_0 \cdot e^{-\alpha \mu \Omega - m \beta P / P_0} \quad (1)$$

La calibración está basada en el método Langley. Se lleva a cabo un ajuste a una recta de los datos de la calibración usando la parte más lineal del langley para cada canal, el corte con el eje en  $\mu=0$  nos da el valor de la constante extraterrestre para ese canal.

Las medidas de ozono se obtienen a partir de los ratios Canal 1/Canal 2 ( $C1/C2$ ) y Canal 2/Canal 3 ( $C2/C3$ ), además se obtiene una tercera medida de ozono corregida usando una combinación de los

tres canales. Para realizar la calibración de ozono es preciso hacer el Langley de los canales de 305.5, 312.5 y 320 nm (Figuras 1a y 1b).

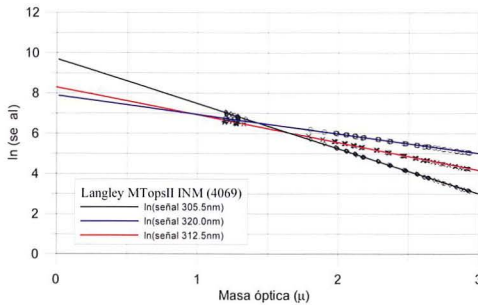


Figura 1a: Langley plot para los canales 1,2 y 3 del Microtops.

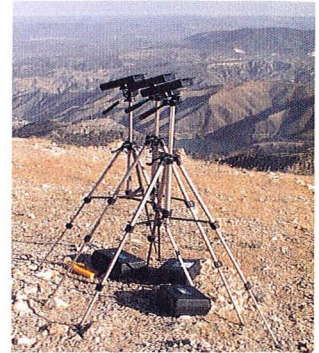


Figura 1b: Calibración Langley durante la campaña VELETA-2002.

	$L_1$	$L_2$	$L_3$	$L_{12}$	$L_{23}$
Original	-	-	-	1.3860	0.3672
Calculado	9.633	8.285	7.829	1.3476	0.4564

Tabla 1: Constantes originales y calculadas.

La expresión teórica para el cálculo de ozono a partir de uno de los pares de canales es (Morys et al., 2001):

$$\Omega(DU) = \frac{1000 \left[ L_{12} - \ln(I_1/I_2) - \beta_{12} \cdot m \frac{P}{P_0} \right]}{\alpha_{12} \cdot \mu} \quad (2)$$

$L_{12}$  es la constante extraterrestre combinada que se obtiene como la diferencia  $L_1 - L_2$ , o lo que es lo mismo  $\ln(I_{01}/I_{02})$  donde  $L_1$  es la extrapolación del ajuste del  $\ln(\text{señal en } 305.5)$  frente a  $\mu$  para  $\mu=0$  y  $L_2$  es la extrapolación del ajuste del  $\ln(\text{señal en } 312.5)$  frente a  $\mu$  para  $\mu=0$ ,  $\beta_{12}$  es la diferencia en los coeficientes de scattering para los canales 1 y 2 y  $\alpha_{12}$  es la diferencia en los coeficientes de ozono para los canales 1 y 2.

### 3. Resultados

Para mostrar los resultados de la reevaluación de datos de ozono hemos escogido un día de la campaña VELETA 2002 celebrada en Granada, concretamente el 15 de Julio del 2002, por tratarse de un día despejado con datos durante todo el día (Figura 2). Hemos escogido los datos proporcionados por el ratio C1/C2 por ser los que presentan mejores resultados al compararlos con el ozono medido por los Brewer (Gordon et al., 1996).

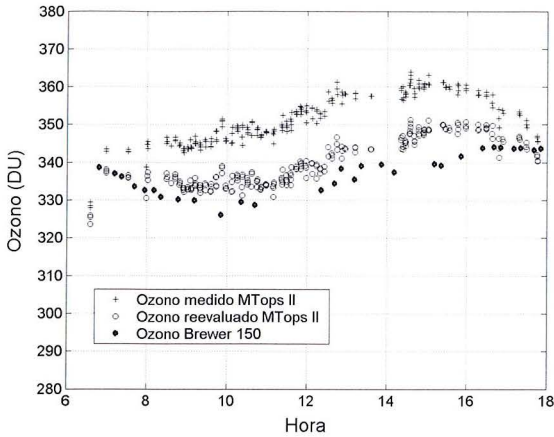


Figura 2: Comparación de datos de ozono del Microtops II brutos y reevaluados vs. Datos de ozono del Brewer #150.

Haciendo una comparación entre los datos medidos por el Brewer #150 y los datos brutos obtenidos a partir del ratio  $C1/C2$  se obtiene para el día de estudio un error medio para todos los datos del 3.89 %. Aplicando la ecuación 2 a los datos del microtops II usando la nueva constante  $L_{12}$  (Tabla 1), el error se reduce a un 0.82 %

#### 4. Conclusiones

El microtops II resulta ser un fotómetro solar portátil de precio reducido con una precisión muy aceptable para la medida de ozono en columna siempre que se disponga de una serie de calibraciones periódicas que nos permitan una correcta reevaluación de los datos.

#### 5. Referencias

- Gordon J. Labow, Lawrence E. Flynn, Michael A. Rawlins, Robert A. Beach, C.A. Simmons and C.M. Schubert. Estimation of Ozone with total ozone portable spectroradiometer instruments. II. Practical operation and comparisons. *Applied Optics*, vol. 35, No. 30. 20 October 1996
- Lawrence E. Flynn, Gordon J. Labow, Robert A. Beach, Michael A. Rawlins, and David E. Flittner. Estimation of Ozone with total ozone portable spectroradiometer instruments. I. Theoretical model and error analysis. *Applied Optics*, vol. 35, No. 30. 30 October 1996
- Marian Morys, Forrest M. Mims III, Scott Hagerup, Stanley Anderson, Aaron Baker, Jesse Kia and Travis Walkup. Design, calibration and performance of MICROTOPS II hand-held ozone monitor and Sun photometer, *J. of Geophysical Research* 106, 14,573-14,582, 2001.