

DETERMINACIÓN DE OZONO ATMOSFÉRICO TOTAL CON MEDICIONES ESPECTRALES DE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA DIRECTA SOBRE PLANO HORIZONTAL

Alejandro Rosales, Jorge V. Pedroni y Manuel R. Schaigorodsky
Departamento de Física, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional de la Patagonia, Sede Trelew
FAX (54-2965) 42 8402 / 42 1080, correo electrónico: fisica@unptw.edu.ar

Jorge O. Tocho
Departamento de Física, Facultad de Ciencias Exactas, Universidad Nacional de La Plata y
Centro de Investigaciones Ópticas (CIC – CONICET), CC 124, 1900 La Plata, Argentina
FAX (54-221) 471 2771, correo electrónico: jorget@ciop.unlp.edu.ar

RESUMEN

Se ha desarrollado un método que permite obtener la cantidad de ozono atmosférico total utilizando mediciones de irradiancia espectral directa sobre el plano horizontal para 305 y 320 nm. Las irradiancias directas fueron obtenidas con un radiómetro GUV-511C provisto de una banda sombreadora automática. Para días claros, la diferencia entre los valores determinados en Trelew y los brindados por instrumentos satelitales no supera el 3 %.

INTRODUCCIÓN

Una gran cantidad y variedad de instrumentos para la medición de radiación ultravioleta global sobre plano horizontal han sido instalados en el mundo con el fin de detectar el potencial incremento de esta radiación motivado por la alteración de la capa de ozono. Algunos de estos instrumentos operan con detectores espectrales de ancho de banda reducido, compatible con el necesario para poder determinar directamente la cantidad de ozono mediante el procedimiento de espectroscopía diferencial. Esta posibilidad fue explorada durante el eclipse total de Sol del 3 de noviembre de 1994 (Tocho *et al.*, 1997).

En esa ocasión se utilizó la medición de radiación global sobre plano horizontal y un algoritmo de calibración del tipo Diagrama de Langley. Sin embargo la cantidad de parámetros necesarios para la calibración hace que la medición sea imprecisa pocos días después de realizado el contraste. Es claro que la mayor fuente de error de este procedimiento proviene de la incidencia de la radiación difusa sobre la medición y de la relación compleja de ésta con variables atmosféricas diversas, aerosoles, vapor de agua, nubosidad, etc.

Es de esperar que un procedimiento que utilice mediciones espectrales de radiación directa sobre plano horizontal pueda soslayar parte de las dificultades encontradas.

EQUIPO EXPERIMENTAL

La incorporación de una banda sombreadora automática al radiómetro solar de cinco canales espectrales (GUV-511 C, Biospherical Instruments Inc., San Diego, USA) instalado en la ciudad de Trelew, permite realizar mediciones de radiación global, difusa y directa sobre el plano horizontal. La banda sombreadora tiene un diámetro de 63,4 cm, un ancho de 7,6 cm y su eje de rotación esta horizontal orientado este – oeste. Está accionada por un motor paso a paso y un mecanismo reductor de velocidad de engranajes y cadena, que permite obtener una resolución de 0,5° por paso. El motor está comandado por una PC con un código que ubica alternativamente la banda en 4 posiciones: horizontal, ($\theta_z - 7.5^\circ$), θ_z y ($\theta_z + 7.5^\circ$). donde θ_z es el ángulo cenital que permite bloquear la radiación directa. Las posiciones intermedias permiten corregir el error introducido por el ancho angular de la banda según un procedimiento simple (Lebaron *et al.*, 1994). La velocidad de adquisición del radiómetro permite realizar el ciclo de 4 mediciones en 1 minuto, sin alterar la relación señal-ruido apreciablemente. En los meses de invierno se ha extendido el ciclo a 2 minutos para mantener la calidad de las mediciones.

RESULTADOS EXPERIMENTALES

Los resultados presentados aquí corresponden al periodo enero - julio de 1999. La Fig. 1 muestra un ejemplo de la radiación global para los dos canales UV utilizados en la determinación de ozono y los valores de la radiación directa, calculados con la corrección por ancho de la banda. Vale la pena resaltar el elevado valor que alcanza la radiación difusa en esta zona espectral. Además, la gran dependencia de la irradiancia difusa con la longitud de onda imposibilita el uso de los procedimientos empíricos desarrollados para instrumentos de banda espectral ancha (Iqbal, 1983).

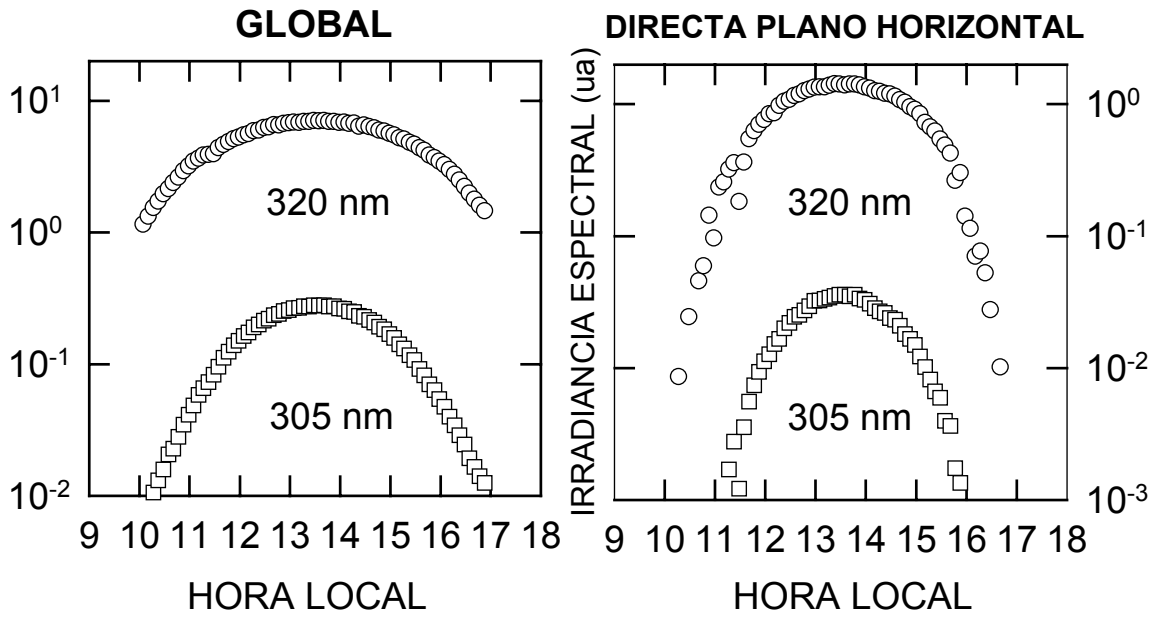


Fig. 1. Registros de las irradiancias espectrales en los canales de 305 nm y 320 nm el 29 de enero de 1999. Se indican las irradiancias globales y las directas calculadas y corregidas por el método de la banda sombreadora.

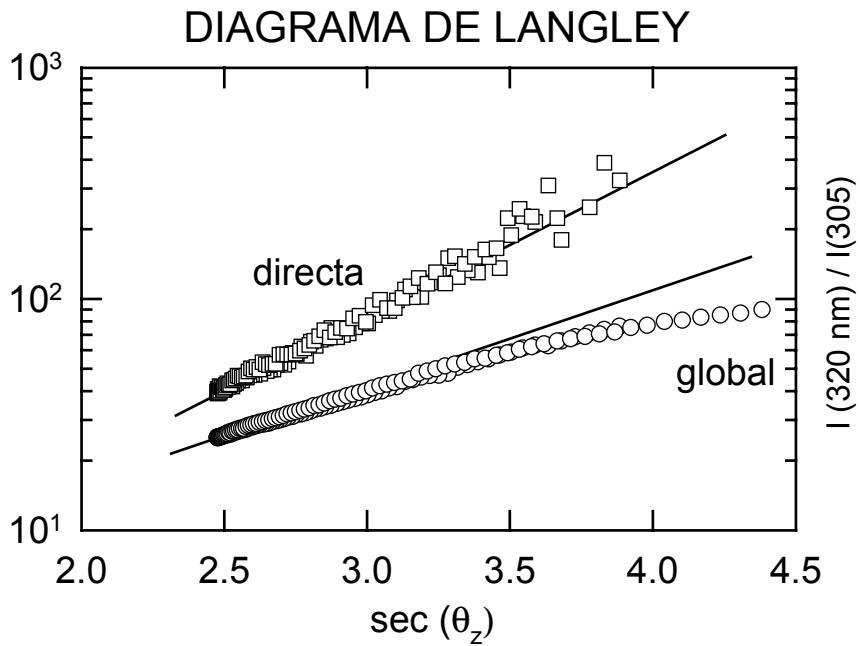


Fig. 2. Diagramas de Langley para el cociente entre las irradiancias espectrales en 320 nm y 305 nm de radiación directa y global.

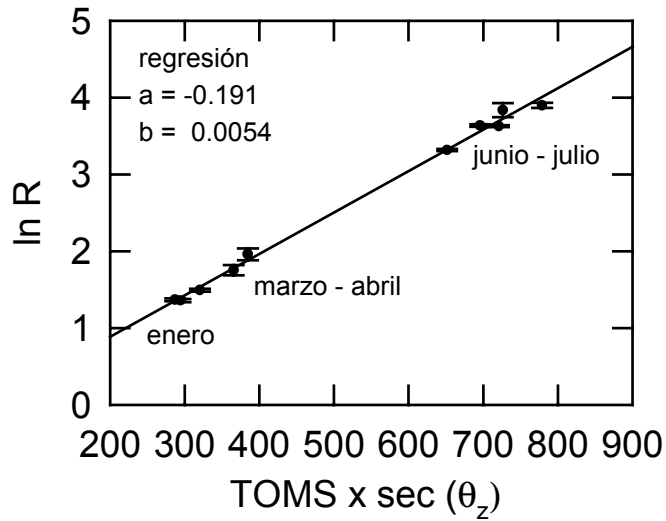


Fig. 3. Diagrama de Langley modificado. Se indican los valores de la regresión utilizada en el cálculo de ozono mediante la ec.2. Se han utilizado los valores medidos para el ángulo zenital mínimo de cada día.

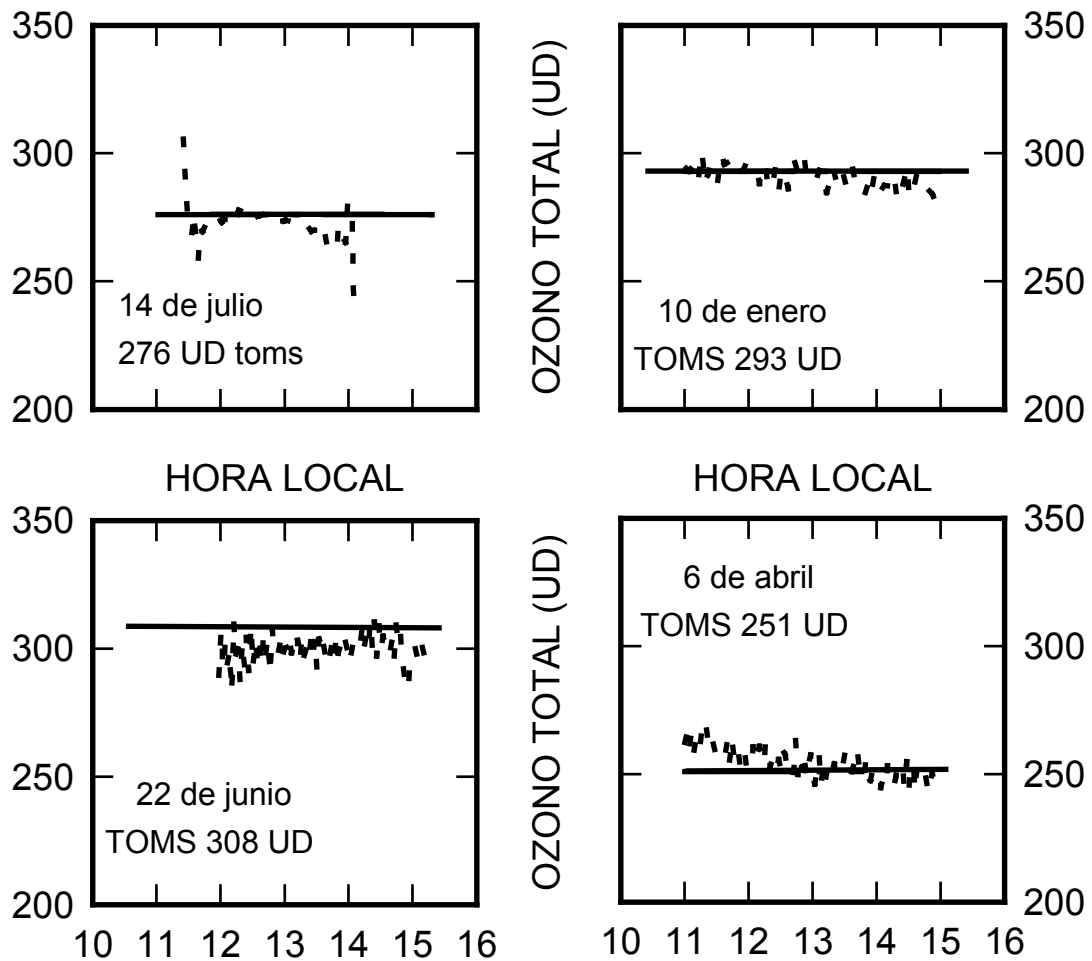


Fig. 4. Ozono total calculado mediante la ec. 2 comparado con los valores de TOMS (línea continua) para Trelew. El día 22 de junio, el error medio cuadrático es del 2.7%.

En la Fig. 2 se representan los diagramas de Langley para los cocientes de las irradiancias espectrales en 320 nm y en 305 nm, tanto para la radiación global como para la directa. Mientras que la radiación directa muestra un comportamiento lineal, la curvatura que presenta la radiación global hace necesario un ajuste polinomial de grado elevado.

Ajustando el diagrama de Langley para la radiación directa con una expresión:

$$\ln(I_{320}/I_{305}) = a + b \cdot m \cdot [O_3], \quad (1)$$

donde m es la masa relativa de ozono y $[O_3]$ es la cantidad de ozono conocida por algún otro procedimiento, pueden determinarse las constantes de calibración a y b , que luego pueden emplearse en las reducciones de las mediciones mediante la expresión:

$$[O_3] = [\ln(I_{320}/I_{305}) - a] / (b \cdot m). \quad (2)$$

Para obtener los valores de las constantes a y b puede utilizarse un método alternativo más laborioso pero que ha resultado más preciso. Si se dispone de varios días de mediciones para los cuales se conoce el valor de ozono se puede realizar un diagrama de Langley modificado en términos del producto entre el valor de ozono conocido y el valor de la masa relativa de ozono en el momento de la medición. Este procedimiento se utilizó empleando 10 días de mediciones, para distintas condiciones del estado de la atmósfera, empleando el valor de ozono brindado por NASA. La Fig. 3 muestra el resultado obtenido empleando las mediciones correspondientes al menor valor del ángulo cenital disponible en cada día. Se indican los errores en cada caso y el mes de la medición.

Mediante el empleo de la ec. 2 y de las constantes a y b obtenidas mediante la regresión lineal de la Fig. 3, se puede ahora calcular el valor de ozono para cualquier par de valores de $\ln(R)$ y m . En la Fig. 4 se muestran algunos ejemplos de los resultados obtenidos en condiciones de cielo despejado pero para situaciones dispares de ángulo cenital y de turbidez atmosférica.

CONCLUSIONES

La operación de una banda sombreadora automática en el radiómetro GUV-511 C instalado en Trelew, permite adquirir datos de radiación directa espectral de banda angosta, sobre plano horizontal.

En ciclos de 1 o 2 minutos, el instrumento registra cada una de las irradiancias para 4 posiciones de la banda, lo que permite corregir el valor de la irradiancia directa, teniendo en cuenta el ancho de la banda. Si bien la adquisición de datos no se interrumpe durante el movimiento de la banda, la velocidad de adquisición y la velocidad de la banda son tales que no se altera la calidad de las mediciones.

Una serie de 10 mediciones en el periodo ensayado permitió calcular las constantes de calibración del instrumento, en base a un diagrama de Langley modificado.

Los valores de ozono determinados por este procedimiento muestran una elevada concordancia con los valores suministrados por instrumentos satelitales. En días claros, a los que se ha restringido hasta ahora el análisis de los resultados disponibles, la discrepancia entre las mediciones no supera el 3 %. La calidad de los resultados se mantiene sobre un periodo de 3 a 4 horas alrededor del mediodía solar.

Los resultados obtenidos para la radiación espectral difusa permitirán desarrollar un modelo para esta magnitud en una región espectral en la que no existen todavía estudios detallados.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se efectúa en el marco del proyecto "UV: Dinámica Estratosférica y Biología" de la Universidad Nacional de la Patagonia y del proyecto "Aplicaciones de la óptica y de la optoelectrónica al control de las emisiones gaseosas industriales" del FONCYT. Los autores agradecen la colaboración del Ing. Moya en el procesamiento de los datos.

REFERENCIAS

- Iqbal, M. (1983). An introduction to solar radiation. Academic Press, Toronto, cap. 7, p. 169.
- Lebaron, B. A., Michalsky, J. J. and Perez, R. (1994). A simple procedure for correcting shadow band data for all sky conditions. *Applied Optics*, **33**, 3069-3076.
- Tocho, J. O., Da Silva, L., Rivas, M., Cussó F., and Jaque, F. (1997). Total ozone measurements during the solar eclipse of november 3, 1994. *Atmospheric Ozone - Proc. Ozone Symp., Aquila*, Eds. R.D.Bojkov and G.Visconti, 271-274, Italy.