

MEDIDA Y MODELIZACION DE LA RADIACIÓN SOLAR UV-B, EN UNA ZONA RURAL

Julia BILBAO, Argimiro de MIGUEL y Pablo SALVADOR
Departamento de Física Aplicada. Facultad de Ciencias
Universidad de Valladolid

RESUMEN

En este trabajo se analizan las medidas de la radiación solar UV-B registradas en la estación C.I.B.A. (Centro de Investigación de la Baja Atmósfera), Valladolid, (Spain), durante el período 2003-2005. El sensor utilizado ha sido un radiómetro de banda ancha, YES UVB 1, se han registrado los datos cada 10 minutos y para el estudio se han tomado los valores de ozono de TOMS (Total ozone mapping spectrometer). Se han seleccionado los días más claros del período estudiado y la radiación UV-B se ha simulado utilizando el modelo TUV 4.1 (Tropospheric Ultraviolet Visible). La correspondencia entre los valores medidos y calculados se ha evaluado con estimadores estadísticos, obteniéndose desviaciones en torno al 11% para el error rmse.

Palabras clave: radiación solar UV-B, ozono, índice de claridad, fracción difusa, TUV-4.1.

ABSTRACT

UV-B solar radiation data have been recorded at the C.I.B.A. station (Low Atmosphere Research Centre), Valladolid, (Spain), during the period 2003-2005. YES UV-B 1 broadband sensor has been used and data have been recorded every 10 minutes. Ozone daily values have been collected from TOMS (Total ozone mapping spectrometer). Clearest days have been selected and UV-B values have been simulated using the model TUV 4.1 (Tropospheric Ultraviolet and Visible). The accuracy of the results have calculated by statistical estimators and 11% values have been obtained for RMSE error.

Key words: UV-B solar irradiance, ozone, clearness and diffuse fraction indices, TUV-4.1.

1. INTRODUCCIÓN

La radiación solar UV-B es importante debido a que interviene en un gran número de procesos en la troposfera y en la superficie de la Tierra. Como consecuencia de la disminución de la columna de ozono estratosférico, los niveles de radiación solar UV-B en la superficie pueden aumentar. En latitudes medias, las masas de aire con poco ozono causan que la radiación UV-B aumente sobre el valor esperado en determinadas épocas del año. Por el contrario, factores como aerosoles y nubes pueden causar que la radiación disminuya.

Con el objetivo de monitorizar los valores horarios de UV-B y su climatología, en el Laboratorio C.I.B.A. de la Universidad de Valladolid (42°1' N, 4°42'W y 840m de altura) se

instaló un sensor YES UVB1, en el año 2002 y que viene funcionando junto con diferentes sensores meteorológicos, BILBAO et al.(2002).

En este trabajo se presenta el análisis de los valores de ozono diarios en el lugar de medida, la comparación de los valores medidos y modelizados de radiación UV-B en días claros, los valores de los estimadores estadísticos correspondientes a dicho análisis y por último se observa la influencia de los aerosoles sobre la radiación solar UV-B.

2. INSTRUMENTACIÓN, MEDIDAS Y ANÁLISIS

Para la realización del trabajo se han utilizado los datos de radiación solar UV-B (280-315 nm), en banda ancha, registrados por el sensor YES UV-B 1, así como los valores de radiación solar global y difusa horizontal, registrados por dos sensores Kipp and Zonen CM6, uno de ellos con banda de sombra; la estación radiométrica está instalada en una zona rural, a 38 km de la ciudad de Valladolid y con un horizonte libre de obstáculos. Las medidas tratadas corresponden a los registros, cada 10 minutos y durante el período comprendido entre los años 2003 y 2005, ambos inclusive.

Se ha estudiado la variación de la columna de ozono total, cuyos valores diarios se han obtenido del Total Ozone Mapping Spectrometer (TOMS) que son suministrados por la National Aeronautic and Space Administration (NASA, United States). Los datos de la columna de ozono durante el período comprendido entre 1997 y 2005 han sido analizados. La Figura 1 muestra los valores diarios de ozono, durante este período y se observan dos episodios de valores mínimos; los valores máximos se obtienen el 2/04/2004 (466 UD) y el mínimo el 10/01/2004 (191 UD), siendo el valor medio de 308,1 UD durante los tres años de estudio de la radiación UV-B.

La Figura 1 muestra también la evolución de los valores de UV-B a las 12 hora solar (ángulo cenital, SZA mínimo). El valor máximo en 2003 es de ($1,96 \text{ Wm}^{-2}$) el día 18/06/2003; en 2004 ($2,27 \text{ Wm}^{-2}$) el día 15/07 y en 2005 ($1,87 \text{ Wm}^{-2}$) el día 01/06, los valores que muestra la radiación solar UV-B son normales en la latitud donde se han medido.

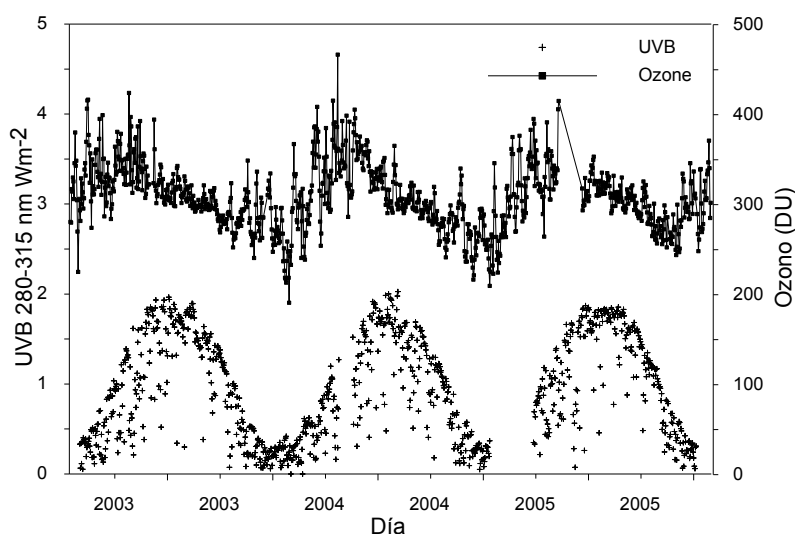


Fig. 1: Evolución de los valores de la columna total de ozono y radiación UV-B al mediodía solar, durante el período de estudio.

La Figura 2 representa el número de días en los que la diferencia (%) entre dos valores consecutivos de ozono toma un valor; el número de datos considerados han sido 3107 y los resultados obtenidos del análisis, son los siguientes: el 90% de los días la diferencia está comprendida entre $\pm 10\%$; el 95% de los días entre $\pm 15\%$ y el 98% entre $\pm 20\%$.

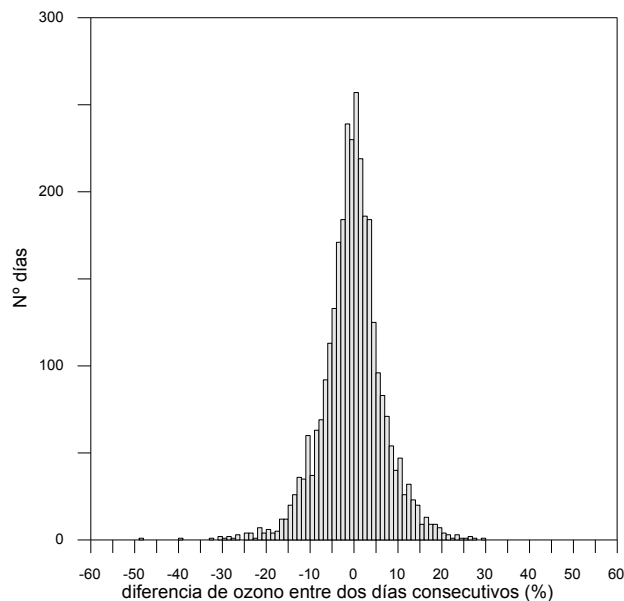


Fig. 2: Número de días en que ocurre un determinado cambio de la columna total de ozono.

A partir de los valores de radiación solar global y difusa horizontal, se han evaluado los índices de claridad, k , definidos como la relación entre la irradiación solar global horizontal, G_d , y la extraterrestre, y la fracción difusa, f , definida como la relación entre la radiación solar difusa horizontal, D_d , y la correspondiente global. De acuerdo con los valores de dichos índice se han seleccionado 58 días claros en el año 2003, 50 en 2004 y 56 en 2005. La Tabla 1 muestra las características de algunos días claros del año 2005:

Fecha	$G_d(\text{MJm}^{-2})$	$D_d(\text{MJm}^{-2})$	k	f
07-03	19.70	2.55	0.79	0.16
08-03	20.21	2.26	0.81	0.14
11-03	19.51	2.47	0.80	0.16
10-04	25.34	2.56	0.75	0.14
01-06	30.49	3.95	0.73	0.17
05-06	31.49	2.71	0.74	0.12
01-07	30.71	2.84	0.72	0.13
08-07	31.47	2.93	0.75	0.13
02-08	29.35	2.27	0.75	0.11
04-08	29.32	2.29	0.76	0.11
02-09	24.02	2.88	0.72	0.16
18-09	21.94	2.66	0.75	0.16
05-10	18.47	1.89	0.75	0.12
06-10	17.99	1.88	0.74	0.12
11-11	11.54	1.37	0.71	0.13
23-11	10.57	1.34	0.75	0.13

Tabla 1: VALORES DE RADIACIÓN SOLAR GLOBAL, DIFUSA, ÍNDICE DE CLARIDAD Y FRACCIÓN DIFUSA PARA DÍAS CLAROS, AÑO 2005

3. MODELOS

Para la modelización de la radiación solar UVB se ha empleado el modelo TUV- 4.1, MADRONICH (1993) con los siguientes valores de los parámetros de entrada: el paso de longitud de onda utilizado ha sido de 1 nm en el intervalo 280 a 315 nm; albedo de la superficie: 0,16; el modelo toma los valores de irradiancia extraterrestre del espectro ATLAS3-SUSIM disponible por ftp en la dirección susim.nrl.navy.mil; para resolver la ecuación de transferencia radiativa, se ha utilizado un método de dos flujos con la aproximación δ -Eddington y los valores de la columna de ozono diarios de TOMS.

El perfil de aerosoles considerado ha sido el publicado por ELTENER (1968) para 340 nm y el espesor óptico de aerosoles que resulta al considerar la altura de la estación es de 0,2312; los valores de los parámetros de albedo de scattering simple y factor de forma, ω_0 y g utilizados, han sido, 0,99 y 0,61 respectivamente.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Los valores cada 10 minutos de radiación solar UV-B se han modelizado utilizando el modelo de transferencia radiativa TUV 4.1, para todos los días claros del período estudiado. En la Figura 3 se muestra la evolución diaria de los valores medidos y modelados, de cuatro días claros, de primavera y otoño, pertenecientes al año 2004, así como los estimadores MBE y RMSE en (%) y en Wm^{-2} . Se observa que los valores modelizados son, por lo general, inferiores que los medidos, salvo un número escaso de días, resultado que no coincide con otros autores, PALANCAR y TOSELLI (2004). Los valores de MBE oscilan entre -10% y cero y los valores del RMSE están comprendidos entre 10% y 8% y siendo los máximos del orden del 10% .

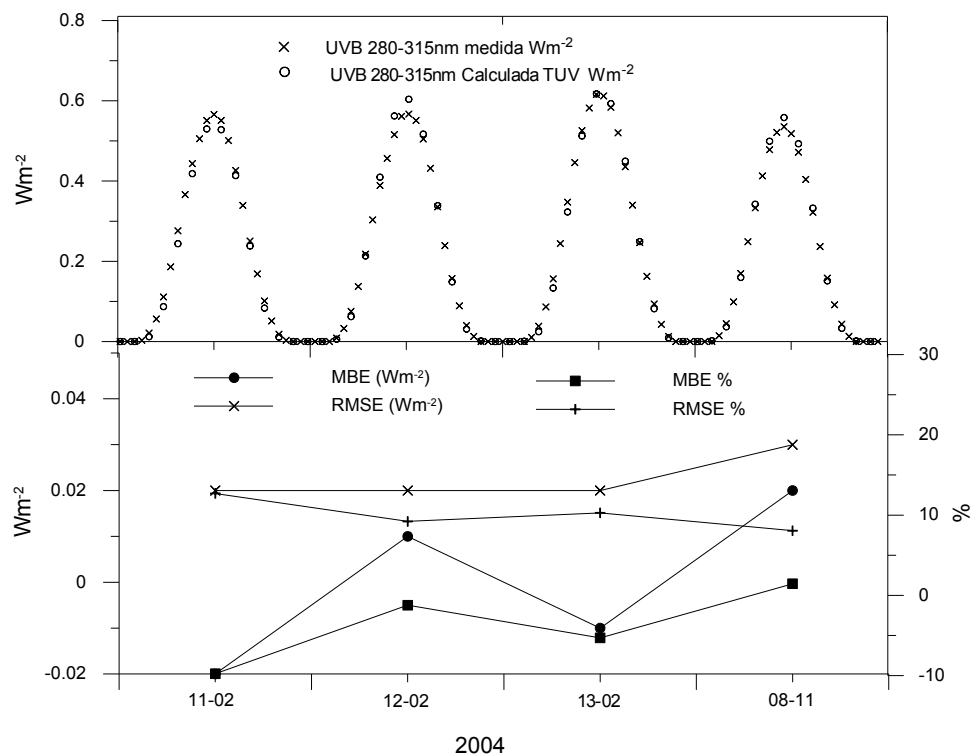


Fig. 3: Comparación de la radiación solar UV-B y de los estimadores MBE y RMSE.

La Figura 4 muestra la comparación de los valores de radiación UV-B medidos y modelados, de cuatro días claros correspondientes al año 2004, así como los estimadores MBE y RMSE en (%) y en Wm^{-2} . Los valores corresponden a un período de verano. Se observa que los errores disminuyen los días del mes de julio respecto de los valores en junio.

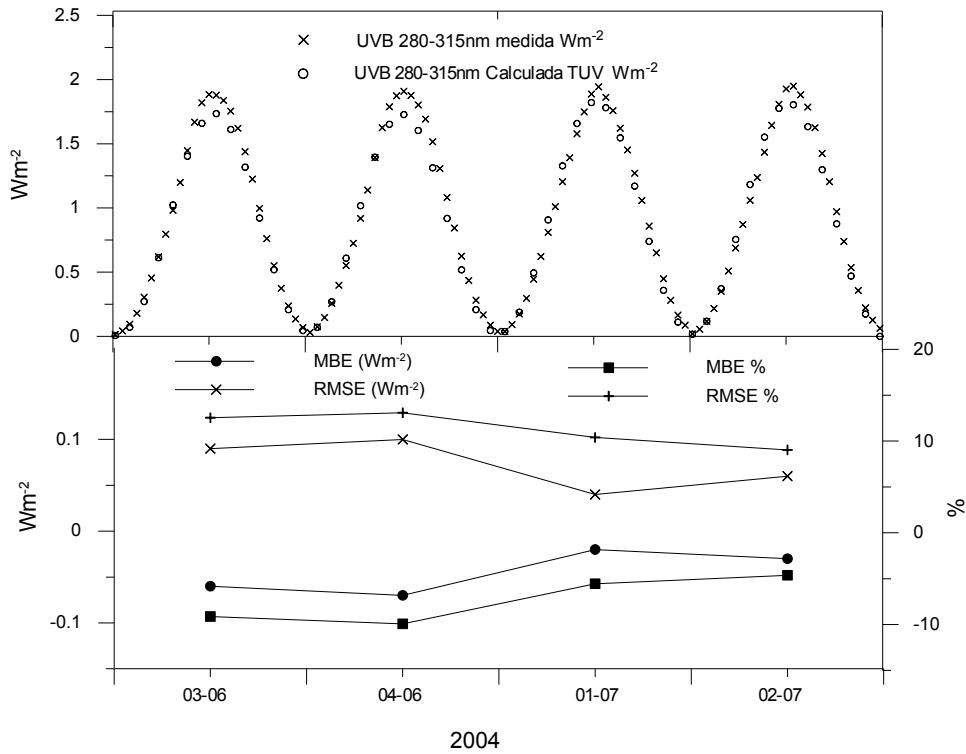


Fig. 4: Comparación de la radiación solar UV-B y de los estimadores MBE y RMSE.

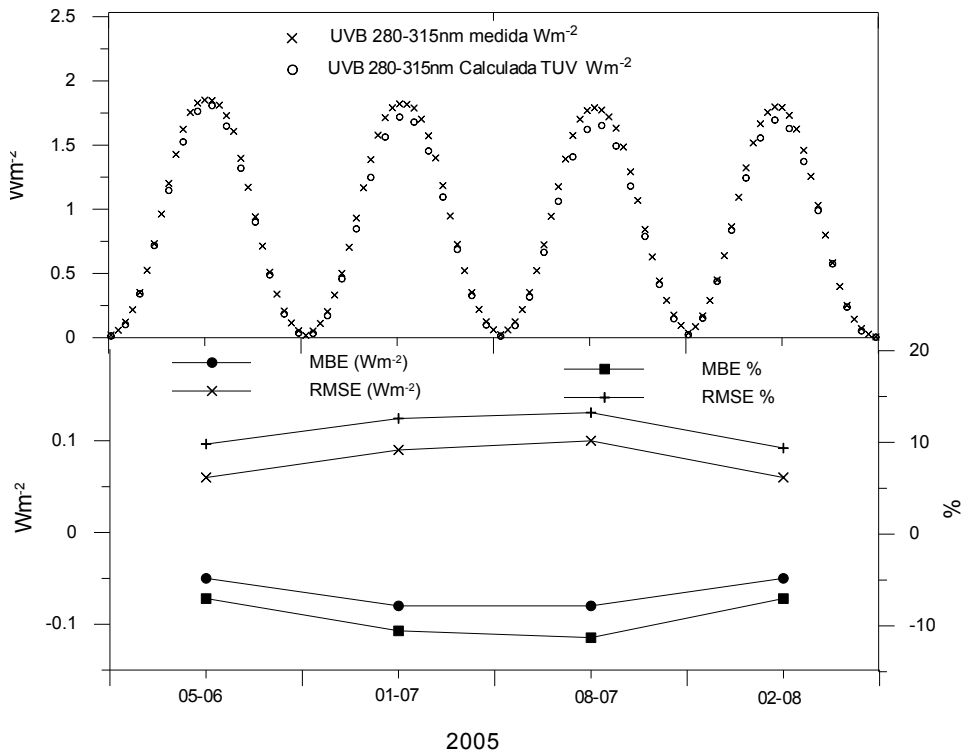


Fig. 5: Comparación de la radiación solar UV-B y de los estimadores MBE y RMSE.

La Figura 5 muestra la comparación de valores medidos y modelizados para cuatro días claros de verano del año 2005, se observa como a mediodía solar los valores calculados son inferiores a los medidos y los errores MBE están comprendidos entre -5% y -10% , los valores de RMSE son próximos al 10%.

La Figuras 6 y 7 muestran la evolución diaria de la radiación UV-B medida y modelizada teniendo en cuenta los aerosoles y con valor del espesor de aerosoles nulo. La Figura 6 corresponde a un día de agosto, y los valores medidos y calculados con aerosoles son muy semejantes, siendo a mediodía solar los valores modelizados inferiores a los medidos, cuando se considera el modelo sin aerosoles. En la figura 7 se observa, a mediodía solar, que los valores medidos son los más bajos, y los valores más elevados corresponden al modelo sin aerosoles. Los resultados obtenidos este día, indican que la cantidad o comportamiento de los aerosoles debe de modificarse para reducir la diferencia entre valores medidos y calculados.

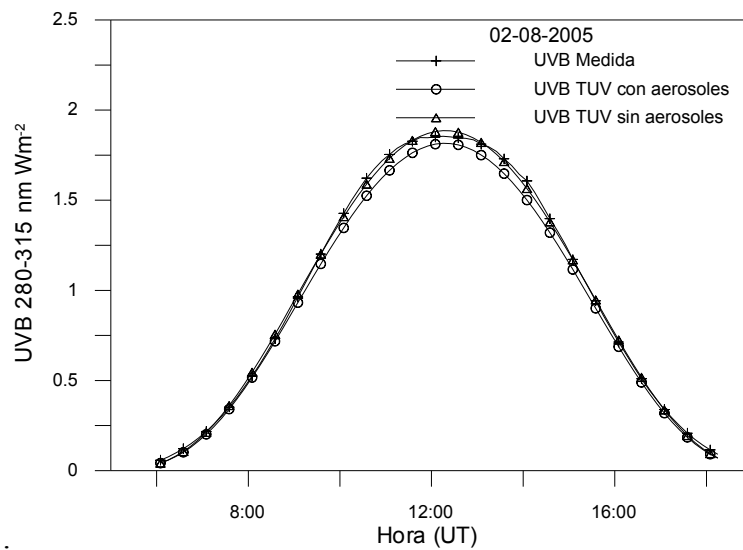


Fig. 6: Comparación de los valores de UV-B medidos y modelizados.

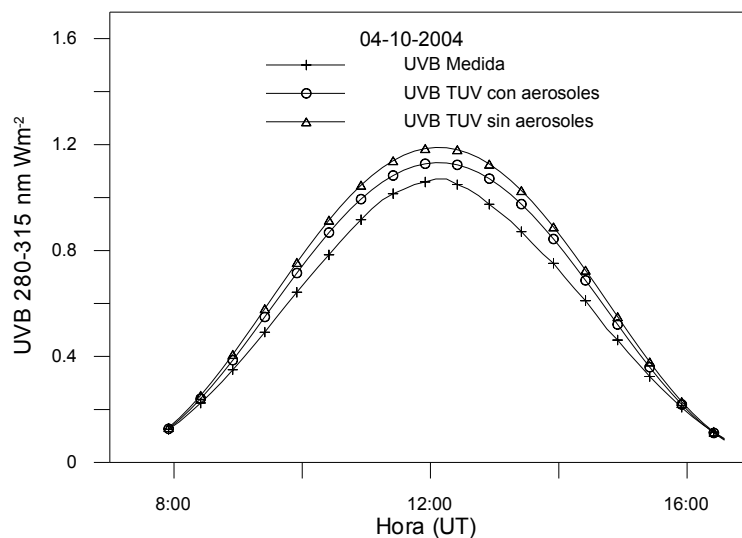


Fig. 7: Comparación de los valores de UV-B medidos y modelizados.

Los factores atmosféricos que afectan a la radiación solar UV-B son columna de ozono, nubes y aerosoles. Cuando más de uno de estos factores varían en el momento de la medida, el análisis comparativo de los datos es difícil. En septiembre de 2004 se encontró un período de cuatro días claros y consecutivos durante los cuales la columna de ozono se mantenía casi constante y las variaciones de UV-B se podían atribuir a la variación de aerosoles. La Tabla 2 muestra algunos de los parámetros característicos de dicho período. Después de aplicar el modelo a dichos días, los resultados obtenidos se muestran en la Figura 8. La línea continua representa los valores calculados, y se observa que el primer día de la serie, los valores medidos son superiores a los modelizados; los tres días siguientes la radiación va disminuyendo.

Este resultado tiene que ser comparado con la evolución de los valores de radiación difusa para observar la influencia de los aerosoles en el episodio. La variación de la radiación solar UV-B también está asociada a la altura de la estación de medidas, al viento dominante, que es de la dirección NE y al tipo de masas de aire sobre la región. Para completar el trabajo se tiene previsto comparar los valores de radiación solar UV-B registrados en la estación C.I.B.A. con los registrados en Madrid y Valladolid (Centro Meteorológico de Castilla y León).

Fecha	UVB (Wm^{-2}) 12 hora solar	Ozono (DU)
26-09-2004	1.16	276
27-09-2004	1.10	279
28-09-2004	1.07	284
29-09-2004	1.02	280

Tabla 2: VALORES DE RADIACIÓN UV-B A MEDIODÍA SOLAR Y OZONO DIARIO

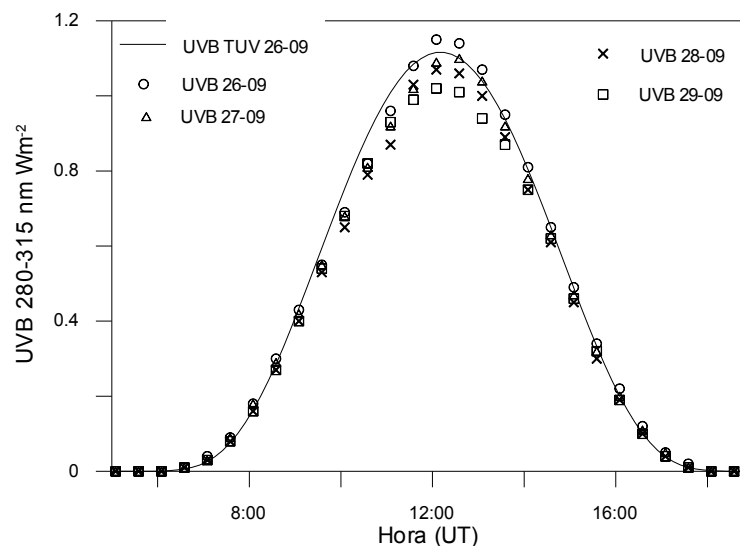


Fig. 8: Comparación de los valores de UV-B medidos y modelizados, días ozono constante.

5 CONCLUSIONES

Se han analizado los valores, de 10 minutos, de radiación solar UV-B(280-315 nm) medidos en el Laboratorio C.I.B.A. de la Universidad de Valladolid y los valores diarios de ozono estratosférico obtenidos de TOMS.

Después del control de calidad de los datos, se han seleccionado los días claros y se han modelizado utilizando el modelo TUV 4.1. Se observa que los valores medidos son superiores a los modelados, por lo que se deben modificar los valores de los parámetros que determinan las características de los aerosoles en la atmósfera (ω_0 , g y τ).

6 AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Ministerio de Ciencia y Tecnología la ayuda (Proy REN2003-04522/CLI), sin la cual no hubiera sido posible la realización de este trabajo.

7. BIBLIOGRAFÍA Y REFERENCIAS

BILBAO, J., MIGUEL, A., FRANCO, J.A. y RAMOS, A, (2002) Sensores de Medida de Radiación Solar: Dispositivo Experimental del Laboratorio de Radiación Solar. *ERA SOLAR*, 106, pp. 52-59.

MADRONICH, S. (1993). UV radiation in the natural and perturbed atmosphere. In : Tevini, M. (Ed.), UV-B Radiation and Ozone depletion. Effects on Humans, Animals, Plants, Microorganisms, and Materials. Lewis Publisher, Boca Raton, pp. 17-69.

ELTERMAN, L. (1968). UV, visible, and IR attenuation for altitudes to 50 km. Environmental Research Papers n° 285. Report 68-0153. Air Force Cambridge Research Laboratories.

PALANCAR, G.G. y TOSELLI, B.M. (2004). Effects of meteorology and tropospheric aerosols on UV-B radiation: a 4-year study. *Atm. Environment*, 38, pp. 2749-2757.