

Medición del espesor óptico de nubes en Río Gallegos

Measurement of the optical thickness clouds in Rio Gallegos

J. Salvador ^{1,2}, E. Wolfram ², R. D'Elia ², F. Orte ³, N. Cortez ⁴, E. Quel ²

1. Becario UNSAM-CONICET.

2. CEILAP (CITEFA-CONICET) Villa Martelli, Buenos Aires-Argentina.

3. Universidad Nacional del Centro, Tandil, Buenos Aires.

4. Universidad Nacional de la Patagonia Austral, UARG, Santa Cruz.

jsalvador@citefa.gov.ar

Las nubes desempeñan un rol fundamental en el balance radiativo de la atmósfera. Dependiendo de la altura a la que se encuentren y de su composición enfrían o calientan la superficie de la Tierra. Es por ello que el cálculo de las propiedades ópticas de las nubes adquiere relevancia en la caracterización de las mismas. En el presente trabajo se presentan los espesores ópticos efectivos en el ultravioleta de la cobertura nubosa total sobre la ciudad de Río Gallegos entre 2005 y 2007. La metodología empleada en el presente cálculo combina la medición de la irradiancia solar en superficie obtenida con un radiómetro multifiltro de ancho de banda moderado GU-541 (Biospherical Inc.) y en sinergia con el modelo de transferencia radiativa UV-Spec. El espesor óptico así calculado incrementa considerablemente la utilidad de este tipo de radiómetros permitiendo reportar la variación temporal del espesor óptico efectivo de las nubes para este sitio de medición. Diferentes tipos de cobertura nubosa son caracterizados y su influencia en el enmascaramiento del incremento de la radiación UV por efecto de la disminución del ozono estratosférico es analizada para la ciudad de Río Gallegos.

Palabras clave: radiómetro, cobertura nubosa, espesor óptico.

Clouds play a fundamental role in the radiative balance of the atmosphere. Depending on the altitude at which they are constituted, they heat or cool the Earth's surface. Therefore, the calculation of the optical properties of clouds is relevant to their characterization. In this paper, the effective optical thicknesses in the ultraviolet of the cloud cover over the city of Río Gallegos between 2005 and 2007 are presented. The method used in this calculation combines the measurement of solar irradiance at the surface obtained with a GU-541 narrow bandpass multichannel radiometer (Biospherical Inc.) with the synergy of radiative transfer model of UV-Spec. The optical thickness calculated by this means considerably increases the utility of this kind of radiometers, thus allowing to report the temporal variation of the effective optical thickness of the clouds at this measuring site. Different types of cloud cover are characterized and their influence in the increase UV radiation due to stratospheric ozone depletion is analyzed for the city of Río Gallegos.

Key words: radiometer, cloud cover, optical thickness.

I. INTRODUCCIÓN

El monitoreo del espesor óptico de nubes en el UV, juega un rol importante en la influencia de las nubes sobre el clima. Esfuerzos considerables se han llevado a cabo y continúan en la actualidad extendiéndose para caracterizar la distribución espacial y temporal del espesor óptico de nubes alrededor de la Tierra. Esta tarea es realizada por medio de plataformas satelitales en las cuales instrumentos dotados con la capacidad de medir la reflexión terrestre permiten determinar el espesor óptico de nubes cubriendo típicamente áreas grandes. En segundo lugar los instrumentos denominados comúnmente ground-based permiten desde tierra inferir el mismo dato en forma más localizada utilizando la transmisión de la radiación solar. El valor del espesor óptico de nubes es obtenido a través de la comparación del dato de irradiancia solar con una tabla sintética construida a partir de un modelo de transferencia radiativa.

En el presente trabajo se caracteriza el espesor óptico de nubes, derivado a partir de un radiómetro multicanal, el cual se encuentra instalado en el sitio de medición de parámetros atmosféricos que el CEILAP tiene instalado en la ciudad patagónica de Río Gallegos, provincia de Santa Cruz, ([www.division-](http://www.division-lidar.com.ar)

[lidar.com.ar](http://www.division-lidar.com.ar)) desde el año 2005. Valores del espesor óptico de nubes para el periodo 2005-2007 son representados y su variabilidad estacional característica es definida. Además también se caracteriza el apantallamiento que las nubes provocan en el incremento de la radiación UV-B cuando se produce el cruce del agujero de ozono.

II. MÉTODO DE ANÁLISIS

En el presente trabajo, el instrumento utilizado para realizar las mediciones de la radiación ultravioleta es un radiómetro con filtros multicanal GU-541 fabricado por la compañía Biospherical Instruments, San Diego. Este tipo de instrumento es apto para la medición de la radiación UV en superficie y pertenece a la clase de instrumentos llamados "radiómetros multicanal", es decir radiómetros que responden a múltiples longitudes de onda, cuyas características son determinadas por la combinación de los diferentes filtros y propiedades del sensor. La parte óptica de este tipo de instrumentos consiste típicamente en un difusor de teflón o cuarzo, filtros interferenciales y detectores fotosensibles. El dispositivo está aislado del entorno por una caja de aluminio anodizado duro y

recubrimiento especial. Un cabezal de Teflón garantiza un mejor aislamiento de la temperatura exterior. El sistema está sellado por medio de juntas de goma que evitan la entrada de humedad. Un controlador de temperatura la estabiliza a 40 °C o 50 °C, permite una mejor estabilidad óptica y previene también acumulación de lluvia, nieve o hielo por encima del instrumento, evitando el deterioro del radiómetro.

El GUV-541 posee cinco canales de medición UV con longitudes de onda centrales en 305, 313, 320, 340 y 380 nm y un ancho de banda de 10 nm (FWHM) aproximadamente en cada filtro (figura 1). Los diferentes canales del instrumento miden en forma simultánea valores de tensión. Una vez por minuto cada canal es afectado por una constante de calibración que permite determinar el valor de irradiancia solar espectral.

Este instrumento integra la Red de Monitoreo Solar Argentina (<http://www.dna.uba.ar>) y es parte de la estación de sensado pasivo del CEILAP en Río Gallegos, Pcia. de Santa Cruz.

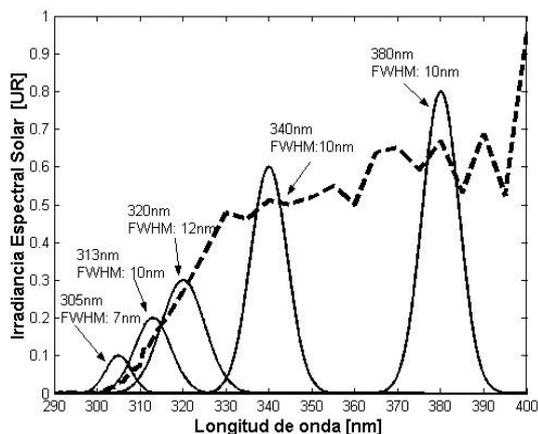


Figura 1: Representación esquemática de la ubicación y distribución espectral de los filtros de los 5 canales del Instrumento GUV 541 de Biospherical Instrument. En línea punteada negra un espectro solar medio es superpuesto a la respuesta de los filtros.

La metodología aplicada en el presente trabajo para obtener los valores de espesor óptico de nubes consiste en utilizar el paquete libRadtran¹ versión 1.3 que es una colección de funciones en C, Fortran y programas para el cálculo de la radiación solar terrestre. El programa central del paquete libRadtran es llamado UVspec el cual fue originalmente diseñado para calcular irradiancia en el rango visible y UV. La solución de la ecuación de transferencia radiativa es resuelta por medio del código DISORT². Para más información ver <http://www.libradtran.org>.

El modelo emplea una rutina para construir una tabla sintética en donde para cada ángulo cenital desde 0 a 80° se van formando diferentes espectros en función del espesor óptico de nubes, los que son convolucionados con el canal respectivo del radiómetro que se utilizará³. Como la región del UV-A presenta

cambios mínimos ante la variación de la columna total de ozono, para este trabajo se ha seleccionado el canal de 380 nm ubicado en el UV-A. La tabla construida mediante el modelo posee una doble entrada en donde una columna son los valores de irradiancia adquiridos por el instrumento y el otro el ángulo cenital en el cual se efectuó la medición, mediante una interpolación lineal se deriva el espesor óptico de nubes. En la (figura 2) se visualiza la distribución del espesor óptico de nubes para los diferentes valores medidos entre 10 y 80°.

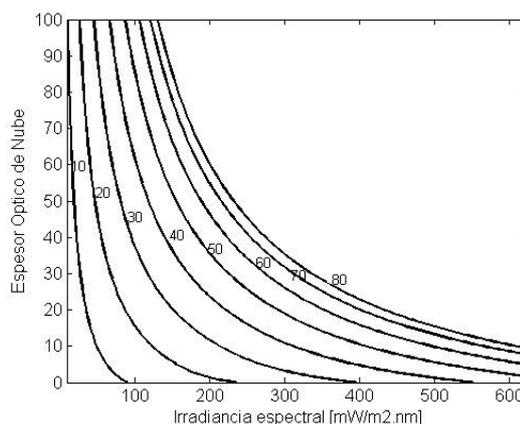


Figura 2: Tabla sintética de los espesores ópticos derivados con el modelo de transferencia radiativa en función de la irradiancia espectral medida para los SZA de 0 a 80°.

Interpolando para los ángulos cenitales intermedios se deriva la distribución del espesor óptico de nubes para el día 30 noviembre del 2005 con una resolución temporal de un minuto (figura 3), superpuesta a la misma se encuentra la irradiancia espectral real que el instrumento adquirió para el canal de 380 nm.

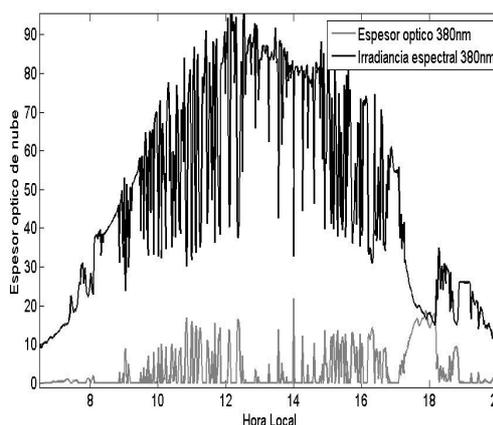


Figura 3: Distribución temporal del espesor óptico de nubes para el día 30 de noviembre de 2005 (color gris). Superpuesta en correspondencia temporal, el valor de irradiancia espectral adquirido por el radiómetro GUV-54, en el canal de 380 nm.

III. RESULTADOS

La figura 4 muestra por día la media y el desvío estándar de los espesores ópticos de nubes en el

canal de 380 nm, tomando 4 horas en torno al mediodía solar para el periodo agosto 2005 a diciembre 2007.

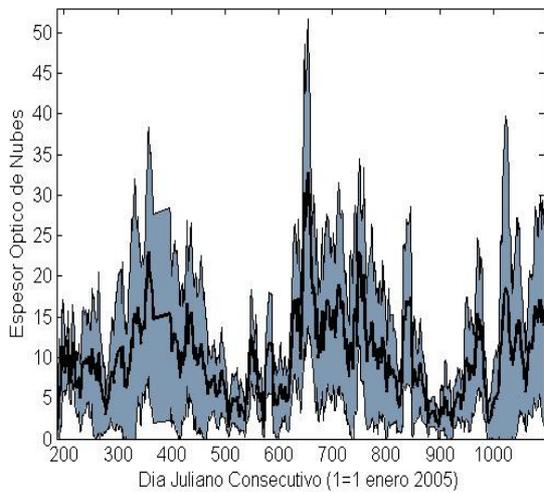


Figura 4: Media y desvío estándar diario de los espesores ópticos derivados a partir del canal de 380 nm, para el periodo Agosto, 2005-Diciembre, 2007.

En la figura 5, se representa las medias mensuales de los espesores ópticos de nubes, para el mismo periodo de estudio.

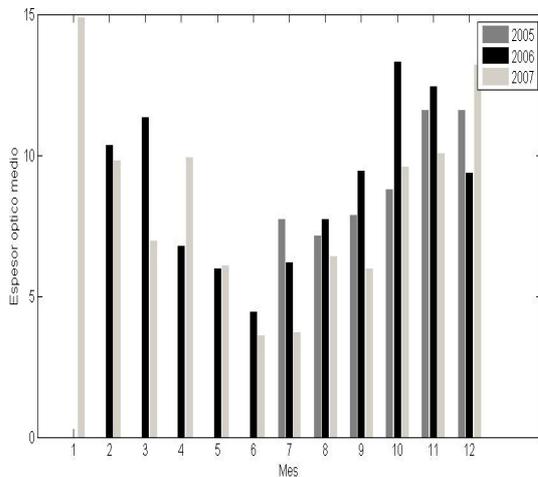


Figura 5: Medias mensuales por periodos, ubicadas por mes para el periodo 2005, 2006 y 2007.

El 9 de octubre del 2005 un evento de disminución de ozono ocurrió sobre la ciudad de Río Gallegos, registrando aproximadamente 200 unidades Dobson. En la figura 6 se grafica la dosis eritemica medida ese día, en conjunto con la modelada para cielo totalmente despejado y ozono normal. Los días seleccionados son sin cobertura nubosa, salvo para el día de mínimo ozono. Para los días de cruce del agujero la dosis medida tiene la influencia de la cobertura nubosa. En la parte superior la columna total de ozono medida por el instrumento OMI a bordo de la plataforma satelital AURA/NASA es graficado como

indicador del cruce del vórtice polar sobre el continente.

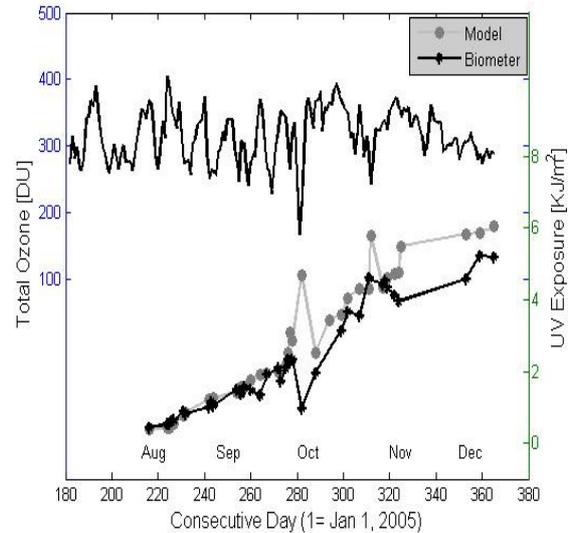


Figura 6: Dosis eritemica medida y modelada para el periodo agosto-diciembre 2005. Sin condición de agujero la dosis medida se calculo para días despejados, para los días de cruce, la dosis medida tiene el apantallamiento de la cobertura nubosa.

La figura 7, muestra una imagen representativa de la medición efectuada por el instrumento OMI, para el día 9 de octubre de 2005 sobre la ciudad de Río Gallegos, obteniéndose 200 unidades Dobson aproximadamente.

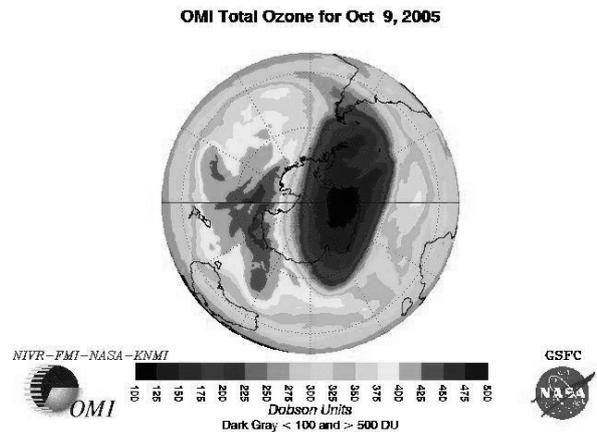


Figura 7. Imagen satelital provista por el instrumento OMI para el 9 de octubre del 2005.

IV. CONCLUSIONES

Se ha puesto en práctica un método para obtener el espesor óptico de nubes utilizando instrumentos de ancho de banda moderado como son los radiómetros GUV. Se ha relevado la media y el desvío de la serie de datos desde 2005 a 2007 (figura 4), mostrando la variabilidad estacional que tiene la cobertura nubosa sobre la ciudad de Río Gallegos, teniendo mínimos en otoño-invierno de 4 a 7, y valores máximos en primavera-verano entre 15 y 30.

VI. AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la JICA (Japanese International Cooperation Agency), Argentina, por la financiación de la campaña SOLAR, a UNSAM-CONICET por el sustento económico de uno de sus becarios, al PI 29/A218-1 UNPA-UARG por el apoyo en el sostenimiento de los equipos, al equipo AURA de NASA por el suministro de datos del instrumento OMI y al proyecto libRadtran (Bernhard Mayer, Arve Kylling, Ulrich Hamann, Claudia Emde) por facilitar el uso del modelo de transferencia radiativa.

VII. REFERENCIAS

1. Mayer, B., libRadtran library for radiative transfer calculations Edition 1.0 for libRadtran version 1.3, December 2007.
2. Stamnes. K., Numerically stable algorithm for discrete-ordinate-method radiative transfer in multiple scattering and emitting layered media. *Applied Optics*, Vol 27, pp 2502, June 15 1988.
3. Dahlback, A., Measurements of biologically effective UV doses, total ozone abundance, and cloud effects with multichannel, moderate bandwidth filter instruments. *Applied Optics*, Vol. 35, November 20 1996.