## ARTÍCULO ORIGINAL / ORIGINAL ARTICLE

## Radiación total de UVB en San Lorenzo, Paraguay

## Total radiation of UVB in San Lorenzo, Paraguay

Miguel A. Vázquez<sup>1</sup>, Blanca P. Vázquez A.<sup>2</sup> <sup>1</sup> Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales. San Lorenzo, Paraguay.

<sup>2</sup> Universidad Nacional de Asunción, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Laboratorio de la Atmósfera y Problemas Ambientales. San Lorenzo, Paraguay. Autor de correspondencia: mvazquez@rieder.net.py

DOI: https://doi.org/10.32480/rscp.2018-23-1.83-90 Recibido: 02/03/2018. Aceptado: 09/04/2018.

Resumen: Las radiaciones ultravioletas son radiaciones electromagnéticas con longitudes de onda entre 100 y 400 nanómetros. En cantidades bajas apropiadas, las radiaciones ultravioletas son beneficiosas para la salud y desempeñan una función esencial en la producción de vitamina D. Sin embargo, la exposición excesiva a ellas se relaciona con diferentes tipos de cáncer cutáneo, envejecimiento acelerado de la piel, cataratas y otras enfermedades oculares. En el presente estudio se presentan los resultados del análisis de la radiación total de ultravioleta tipo B, medidos en la estación de San Lorenzo, Paraguay y operada por la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la Universidad Nacional de Asunción. El periodo del estudio es de junio 1996 a junio de 1998. Los resultados de éste, muestran que los valores mínimos de la radiación tipo B ocurren en invierno, alcanzando un valor medio mensual de 182 mW/m² en junio, y los valores máximos se registran en el verano llegando alcanzar valor medio mensual de hasta 1029 mW/m<sup>2</sup> en enero.

Palabras clave: radiación solar, radiación ultravioleta, irradiancia.

**Abstract:** Ultraviolet radiation is electromagnetic radiation with wavelengths between 100 and 400 nm. In small amounts, ultraviolet radiation is beneficial for health and plays an essential role in the production of vitamin D. However, excessive exposure to them is related to different types of skin cancer, accelerated aging of the skin, cataracts and other eye diseases. The present study presents the results of the analysis of the total ultraviolet radiation type B, measured in the station of San Lorenzo, Paraguay and operated by the Faculty of Exact and Natural Sciences of the National University of Asunción. The study period is from June 1996 to June 1998. The results of the study show that the minimum values of type B radiation is in the winter, reaching monthly average value of 182 mW/m<sup>2</sup> in June, and the maximum values are recorded in the summer reaching average monthly value of up to 1029 mW/m<sup>2</sup> in January.

Key words: solar radiation, ultraviolet radiation, irradiance.

## 1. INTRODUCCIÓN

Todos estamos expuestos a la radiación ultravioleta (UV) procedente del sol y de numerosas fuentes artificiales utilizadas en la industria, el comercio y durante el tiempo libre. El sol emite luz, calor y radiación UV (1).

Aunque el contenido de ozono en la atmósfera es inferior a una parte por millón con respecto a los otros gases componentes, posee una importancia vital, por cuanto absorbe una parte de la radiación solar ultravioleta cuya incidencia sobre los seres vivos es notablemente nociva (2).

De la radiación solar que alcanza la superficie terrestre, aproximadamente 5% es ultravioleta (UV), otra 55% es infrarroja y 40% es visible. La banda de la radiación UV definida entre 100 nm a 400 nm, convencionalmente es dividida en UVA (315-400 nm), UVB (280-315 nm) y UVC (100-280 nm) (1).

Cuando la luz solar atraviesa la atmósfera, el ozono, el vapor de agua, el oxígeno y el dióxido de carbono absorben toda la radiación UVC y aproximadamente el 90% de la radiación UVB. La atmósfera absorbe la radiación UVA en menor medida. En consecuencia, la radiación UV que alcanza la superficie terrestre se compone en su mayor parte de rayos UVA, con una pequeña parte de rayos UVB (3).

La intensidad de la radiación UV que alcanza la superficie terrestre varia significativamente con el ángulo de la radiación solar incidente, con la hora del día, estaciones y con la latitud. En cielo claro la radiación UV alcanza sus niveles más altos para latitudes bajas, contrariamente, los niveles de la radiación UV son bajos en los polos norte y sur.

Los sistemas de mapeo satelital del ozono, que funcionan en base a los sensores instalados en satélites, muestran su configuración circular u ovoidal, de donde surgió la asociación con un agujero. El agujero de ozono ha evolucionado desde su detección, mostrando una mayor destrucción del gas y una mayor extensión en cada episodio anual, aunque siempre limitado a su duración, que va desde fines de agosto hasta los primeros días de diciembre. Este fenómeno ocupa una de las áreas de mayor interés científico con respecto a la problemática del cambio global, ya que en un ámbito limitado de espacio y tiempo se reproduce en sucesivos episodios anuales. Existe bastante evidencia que indica que la capa de ozono, que es el escudo que tiene el planeta contra la radiación solar ultravioleta está siendo deteriorada por productos químicos producidos por el hombre (4). Los productos más destructivos son los clorofluorocarbonos (CFCs) completamente halogenados, que son usados como propelentes de aerosoles, para sistemas de refrigeración y aire acondicionado, para la fabricación de espuma rígida, para extinguidores de incendio y como solventes de uso difundido en industria electrónica.

Durante las últimas décadas se ha observado un adelgazamiento de la capa de ozono, en un orden del 3% cada diez años, atribuible a la presencia en la atmósfera de los CFCs y

halones. Pero es en el Continente Antártico donde ese adelgazamiento ha mostrado características especiales, con la aparición del fenómeno conocido como "agujero de ozono" (5).

Numerosos son los efectos de la radiación UVB, resultante de la destrucción de la capa de ozono estratosférico, sobre los ecosistemas, la calidad del aire y los materiales. Las investigaciones han demostrado que la radiación UVB tiene multitud de efectos sobre los hombres (cáncer de piel, cataratas, supresión de los sistemas inmunológicos humanos), la vegetación terrestre, los organismos marinos. También puede alterar el crecimiento y reproducción de la vida vegetal y animal, en especial del fitoplancton, base de la cadena alimenticia de la vida en el mar, y la contribución al aumento de la temperatura global por efecto de invernadero (6).

El índice ultravioleta (IUV) solar es una medida de la intensidad de la radiación UV solar en la superficie terrestre. El índice se expresa como un valor superior a cero, y cuanto más alto, mayor es la probabilidad de lesiones cutáneas y oculares y menos tardan en producirse esas lesiones. La categoría de exposición a la radiación UV puede verse en la Tabla 1 (1).

Tabla 1: Categoría de Exposición a la radiación UV

Categoría de exposición	Intervalos de valores de iuv
Baja	< 2
Moderada	3 a 5
Alta	6 a 7
Muy alta	8 a 10
Extremadamente alta	> 11

Debido a la importancia de las variaciones en el espesor de la capa de ozono en lo relativo al bienestar de la humanidad, distintos organismos internacionales han patrocinado, durante los últimos años tanto tareas de investigación como reuniones intergubernamentales, con el objeto de coordinar políticas de protección del medio ambiente. En este sentido y en respuesta a una solicitud que formularon los presidentes de Argentina, Brasil, Chile, Paraguay y Uruguay en Canela (Brasil), en febrero de 1992, el Programa de las Naciones Unidas para el desarrollo (PNUD) con la Organización Meteorológica Mundial (OMM), implementó una red de observaciones de gases de efecto invernadero, radiaciones UV-B y Ozono en el Cono Sur. La estación en Paraguay se encuentra en el campus universitario a cargo de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UNA.

En Paraguay, uno de los primeros estudios sobre la radiación UVB y de la radiación

global, fue realizado durante la primavera y verano de 1996 a 1999. Los datos de radiación UVB y de radiación global fueron medidos en la estación de San Lorenzo del Campus Universitario de la UNA, perteneciente a la red de la Vigilancia Atmosférica Global de la Organización Meteorológica (7).

En el presente estudio, se ha creído conveniente analizar los valores de la radiación total de UVB en el periodo de 1996 a 1998 con el propósito de caracterizar los valores de las radiaciones UVB en Paraguay.

## 2. METODOLOGÍA

#### 2.1 Medición de la radiación UVB

El instrumento meteorológico de precisión para la medición de la radiación ultravioleta solar efectiva (UVB) es a través del Piranómetro. La técnica de medida empleada con el instrumental son los filtros de vidrios coloreados y un fósforo sensible a UVB para bloquear toda luz visible del sol, y convertir la luz UVB en luz visible (verde). La luz verde resultante es a su vez medida por una foto sensible de estado sólido. El Piranómetro UVB, es un instrumento sólido diseñando para garantizar la operación durante un largo periodo en una estación de campo.

El Piranómetro UVB mide la irradiación solar global UVB, que es la potencia por unidad de área de la radiación UVB recibida por una superficie horizontal de todo el hemisferio del cielo. La radiación global incluye tanto la transmitida directamente a través de la atmósfera como la luz dispersada por gases y partículas de la atmósfera. Contrario al caso de la luz visible, la luz UVB dispersada es mayor y bajo ciertas condiciones, un componente dominante de la radiación.

La porción UVB del espectro solar (280 a 320 nm) es fuertemente absorbida por el ozono en la estratosfera y cualquier cambio en la cantidad total del ozono es reflejado en los niveles de la luz UVB que alcanzan el suelo. Mediciones del Piranómetro UVB, puede ser usado para monitorear los cambios de irradiancias UVB debido a los cambios en los niveles del ozono, cobertura de nubes y aerosoles. La (Figura 1), muestra el Piranómetro utilizado para medir la radiación UVB.



Figura 1: Piranómetro UVB. Fuente: LIAPA, FACEN, UNA.

#### 2.2 Análisis de los datos

Las mediciones de la radiación UVB, obtenida de la estación del Proyecto Ozono del Cono Sur (SCO<sub>3</sub>P) de la Vigilancia Atmosférica Global (VAG) perteneciente a la Organización Meteorológica Mundial (OMM), es operada por el Laboratorio de Investigación de la Atmósfera y Problemas Ambientales (LIAPA) de la Facultad de Ciencias Exactas y Naturales (FACEN) de la UNA.

Los valores de la radiación ultravioleta son obtenidos en forma totalmente automática cada 5 minutos, son almacenadas en un Datalogger y transferidos posteriormente a una computadora para el análisis de los mismos. El análisis de los datos, corresponde al periodo de junio de 1996 a junio de 1998. Todos los registros de radiación UVB fueron promediados cada 15 minutos entre las 9 y 21 hora UTC (Tiempo Universal Coordinado, en inglés, "Universal Time Coordinated"), que antiguamente fue llamada "la hora en el meridiano de Greenwich" ("GMT"). Análisis de la consistencia de los datos

El primer paso realizado para ver la consistencia de los datos en el período del estudio, fue verificar que los datos de la radiación UVB fueran consistentes o no, es decir, que las mediciones hayan sido observadas durante el período de la misma forma. También, se ha verificado que la serie de datos esté completa o que falten uno o varios datos, o que la

serie de datos tenga errores visibles. Para completar la falta de datos se estimaron los valores faltantes utilizando el método recomendado por la OMM (8). Una vez verificada la consistencia se procede a realizar el cálculo del valor promedio de la radiación UVB en el intervalo de 9 a 21 UTC para los diferentes meses del estudio realizado.

## 3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

#### 3.1 Evolución mensual de la radiación UVB

Los resultados de los valores medios mensuales de la radiación total de UVB pueden verse en la tabla 2. Según puede observarse, los valores mínimos de la radiación UVB ocurren en el periodo del invierno llegando a oscilar entre 182 mW/m² (Junio) a 331 mW/m² (Agosto). En cambio, los valores más altos de la radiación UVB se muestran en los meses de la primavera, alcanzando 857 mW/m² (noviembre) y en el verano un valor de 1029 mW/m² (enero). En la Tabla 2, se muestran los valores medios mensuales de la radiación total de UVB La evolución mensual de la radiación total de UVB se visualiza en la gráfica 1; se destaca que los valores medios mensuales son mínimos en el periodo del invierno (junio a agosto) y los valores son mayores durante la primavera (septiembre a noviembre) y el verano (diciembre a febrero).

**Tabla 2:** Valores medios mensuales de la radiación total de UVB en mW/m², San Lorenzo, Paraguay. Fuente: LIAPA/FACEN, UNA

	Е	F	M	A	M	J	J	A	S	О	N	D
1996						182	282	331	431	583	857	901
1997	1029	823	713	489	331	250	288	353	422	624	783	778
1998	967	766	643	481	347	257						

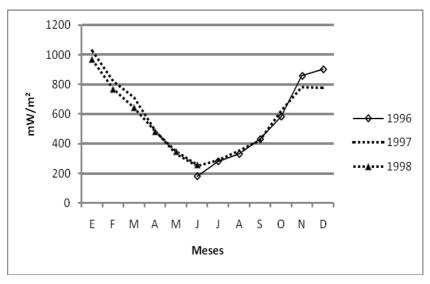


Figura 1: Evolución mensual de la radiación total de UVB. Fuente: LIAPA, FACEN

#### 4. CONCLUSIONES

El presente estudio permitió caracterizar a nivel medio mensual la radiación total de UVB medida en la estación de San Lorenzo, Paraguay. Pese a la escasa información disponible, podemos concluir que los valores de la radiación total de UVB son mínimos en el invierno (de junio a agosto), alcanzando a tener un valor mínimo de 182 mW/m² en junio y aumentan considerablemente durante las estaciones de la primavera (septiembre a noviembre) y el verano (diciembre a febrero), alcanzando un valor de hasta 1029 mW/m² en enero.

#### Agradecimientos

Se agradece en forma especial al Laboratorio de la Atmósfera y Problemas Ambientales, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales de la UNA por la provisión de los datos de la radiación UVB utilizados en el presente estudio.

# REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1. OMS. Índice UV Solar Mundial. Guía Práctica. Organización Mundial de la Salud; 2003.
- 2. WHO. Environmental Health Criteria 160: ultravioleta radiation. Geneva, Switzerland; 1994.
- 3. Our Changin Planet. Global change research program. An investment inscience for the nation's future: A report. National Science and echnology Council (U.S.). Committee on Environment and Natural Resources Research. University of California, San Diego, USA; 1996.
- 4. WMO. The global climate system review, climate system monitoring: June 1991- November

Vázquez MA, Vázquez A. BP. Radiación total de UVB en San Lorenzo, Paraguay

- 1993. World Meteorological Organization; 1995.
- 5. Bojkov RD. The Changing Ozono Layer. World Meteorological Organization and United Nations Environment Programme; 1995.
- 6. IPCC. Cambio Climático. Evaluación Científica del IPCC, Informe preparado por el Grupo de Trabajo I para el IPCC. Versión Española. Madrid, España: Gráficas Jomagar, 1992.
- 7. Vázquez MA, Cáceres V. Ebe. Análisis de la radiación UVB y radiación global durante primavera y verano de 1996 a 1999 en el Campus Universitario de San Lorenzo, Paraguay.
- 8. World Meteorological Organization. WMO N°. 100- Guide to climatological practices. Geneva, Switzerland: World Meteorological Organization; 1982.