

MEDICIONES SISTEMÁTICAS DE RADIACIÓN UVE - OTOÑO 2011

SYSTEMATIC MEASUREMENTS OF UVE RADIATION - AUTUMN 2011

Lavorato M. ^(1,2), Moscatelli F. ^(1,2), Correa M. ^(1,2), Pagura M. ^(1,2), Zanin M. ⁽²⁾, Cesarano P. ⁽²⁾, Faselli R. ⁽²⁾, Bahamonde P. ⁽³⁾

1. Grupo TAMA, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Haedo, París 680, Haedo, Buenos Aires, Argentina.
2. División Radar Láser, Dto. Láser, CITEDEF, Juan B. La Salle 4397, B1603ALO, Villa Martelli, Buenos Aires, Argentina.
3. Universidad Tecnológica Nacional, - Facultad Regional Santa Cruz - Av. Inmigrantes 555 Río Gallegos, Santa Cruz, Argentina.

e-mail: mlavorato@citedef.gob.ar

Recibido 30/03/2012; aprobado 01/02/2013

RESUMEN: Durante el año 2010 se realizaron mediciones de prueba con el medidor de Radiación UVE (correspondiente a la radiación Ultra Violeta en la banda UV dosis Eritémica). En la actualidad, el sistema se encuentra adquiriendo datos en forma sistemática desde el mes de marzo del corriente año, por ello en el presente trabajo se presentan los resultados adquiridos y procesados durante el otoño del 2011. Se presentan también los resultados correspondientes al valor integrado que se utiliza para realizar los cálculos estadísticos correspondientes. El sistema fue re-calibrado con los datos facilitados por la estación radiométrica de CITEDEF. Con los resultados de la nueva calibración se calculó la dispersión de los datos que en promedio es < 5 %.

Palabras claves: UV, Radiación, Eritémica, UVE, Radiación solar.

Abstract: In 2010 test measurements were made with the prototype UVE radiation meter (corresponding to ultra-violet radiation in the UV band Erythema dose). Currently, the system is acquiring data systematically from March 2011, so in this paper we present the results obtained and processed in the fall of 2011. Also we present results of integrated radiation value used to perform the statistical calculations. The system was re-calibrated with data provided by the CITEDEF radiometric station. The new calibration results calculated from the scattering data on average do not exceed 5%.

Keywords: UV, Radiation, Erythema, UVE, Solar radiation.

I. INTRODUCCIÓN

La radiación ultra-violeta proveniente del sol que recibe la tierra es la más poderosa del espectro. Afecta a todos los seres vivos que se encuentran en la superficie de la misma y en forma directa o indirecta, también afecta a todos los vegetales. La radiación UV solo representa 6 % de la radiación total que recibe la Tierra no es percibida por el ojo humano y cubre la banda espectral que va desde los 180 nm y los 395 nm a partir de la cual comienza la banda visible (VIs).

Arbitrariamente, la radiación UV fue dividida en tres bandas: UVC (180 nm a 280 nm), UVB (280 nm a 320 nm) y UVA (320 nm a 395 nm)^[1]. La banda UVC que es la más letal de las tres, no llega a la superficie de la tierra debido a que es filtrada por la atmósfera en la parte superior de la estratosfera, las otras dos llegan a la Tierra pero en menor cuantía. Por un lado, la radiación UV es esencial para la vida (humanos, animales y plantas), estimula la síntesis de algunas sustancias imprescindibles para los procesos biológicos que permiten la generación y crecimiento de la vida en la tierra. Por otro lado, el exceso de radiación sobre los seres que viven en la tierra (humanos, animales y plantas) provoca un efecto contrario al de la creación de la vida de la misma, provoca entre otros efectos la mutación y/o destrucción del ADN en los seres vivos induciendo a enfermedades terminales (cáncer de piel) y en los cultivos o plantas, la muerte de las mismas.

El efecto más evidente sobre la piel, es la quemadura del sol, conocida como eritema de piel. Las personas de piel oscura están más protegidas debido al pigmento de sus células cutáneas (Ver Tabla I).

II. OBJETIVOS

La exposición prolongada a la radiación UV o cuando llega en exceso a la superficie de la tierra, puede producir daños irreparables, ya que su efecto es acumulativo. Por lo tanto es de suma importancia realizar mediciones en las bandas UVA + UVB durante todo el año en forma ininterrumpida. Así la población podrá ser advertida cuando la radiación llega a los niveles críticos o cuando sobrepasan el límite de tolerancia de la piel. La tolerancia a la exposición del sol depende fuertemente del tipo de piel de cada ser humano (Tabla I) ya que éste es uno de los principales órganos afectados junto con la vista.

De la radiación solar total que llega a la atmósfera superior, solo toca la tierra la radiación UV a partir de los 280 nm (UVA y UVB). El radiómetro solar^[2] que se presenta en este trabajo fue diseñado para la detección de la radiación ultravioleta denominada UVE (Dosis Eritémica) que comprende la banda UVB completa y un porcentaje mucho menor de la banda UVA (Figuras 1, 2 y 3).

COMPARACIÓN DE LAS RESPUESTAS ESPECTRALES
Curva CIE087 vs. Detector ERYCA UVI

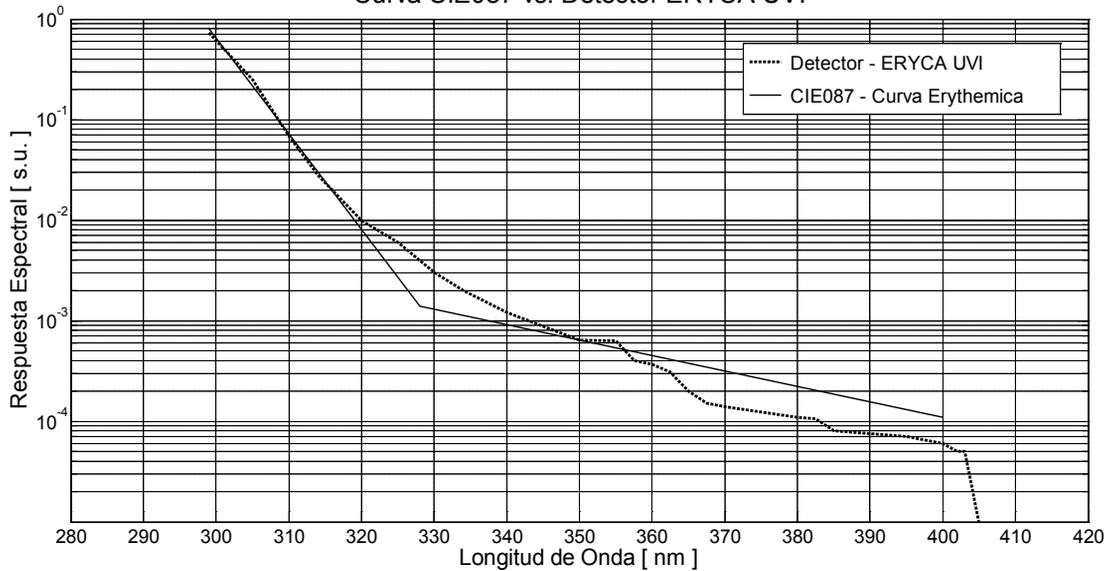


Figura 1. - Comparación de las respuestas espectrales entre la curva CIE087^[1] y el detector ERYCA UVI.

TABLA I - Sensibilidad a la Radiación Solar de acuerdo al tipo y color de piel humana.

| Fototipo de Piel | Color de Piel no Expuesta | Sensibilidad a la Radiación | Descripción de la Piel |
|------------------|---------------------------|--------------------------------|---|
| 1 | Blanca | Muy Sensible | Siempre se quema con facilidad, nunca se broncea. |
| 2 | Blanca | Muy Sensible | Siempre se quema con facilidad. Se broncea mínimamente y con dificultad. |
| 3 | Blanca | Sensible | Se quema mínimamente. Se broncea de manera gradual y uniforme (café claro). |
| 4 | Café Clara | Moderadamente Sensible | Se quema mínimamente. Siempre se broncea bien (café claro). |
| 5 | Café | Mínimamente Sensible | Rara vez se quema. Se broncea intensamente (café oscuro). |
| 6 | Café Oscuro o Negro | Insensible o muy poco Sensible | Nunca se quema. Se broncea intensamente (café oscuro o negro). |

Características del fotodetector.

- Rango de temperatura: -20 a +80 °C.
- Área Activa: 4,18 mm².
- Ángulo de Visión: 70 °.
- Corriente de Oscuridad: 30 pA.
- Sensibilidad Espectral mín.: 19 mA.W-1.

Acondicionador de señal.

- Ganancia: hasta 650 veces en tensión.
- Ancho de Banda: DC a 500 Hz.

Sensor de Temperatura:

- Calibrado directamente en Grados Celsius.
- Factor de escala lineal + 10.0 mV/°C.
- Precisión = 0.5°C a +25°C.
- Rango de Trabajo: -55° to +150°C.

Sistema de adquisición de datos.

- ADC - 16 bits.
- Manejo de líneas SCK y SDA (Protocolo I2C) y RTC.
- Comunicación a PC vía RS232.
- Comunicación a celular c/GSM (SMS de alerta).



Figura 2.- Vista lateral del Radiómetro UVE.

En la Figura 3 se puede apreciar el detector utilizado cuya área de colección apenas supera los 4 mm². Se detallan a continuación las principales características del instrumento que mide en tiempo real la radiación UVE y la temperatura ambiente:



Figura 3.- Vista aérea del Radiómetro UVE.

III. RESULTADOS

La metodología utilizada para la calibración del instrumento Ad-hoc corresponde al método de patrón secundario donde se toma al radiómetro EKO UVB de la estación de CITEDEF como referencia y se contrastan los resultados de ambos radiómetros con mediciones. Los resultados obtenidos muestran una concordancia total entre las señales adquiridas con ambos radiómetros. La estación radiométrica de CITEDEF cuenta con un radiómetro marca EKO UVB MS-210D s97088.05^{[3],[4],[5],[6]} con el cual se calibró el radiómetro construido 'ad-hoc'. Se muestran dos tipos de figuras; las dos primeras (Figuras 4 y 5) sirven para mostrar la metodología de calibración a partir del valor integrado de radiación diaria. Las siguientes (Figuras 6 y 7) muestran la concordancia entre las señales una vez que el radiómetro fue calibrado. Las figuras seleccionadas muestran los resultados de las adquisiciones diarias obtenidos con ambos radiómetros. Para tal fin se seleccionaron días específicos que incluyeron diferentes grados de nubosidad donde la radiación incidente varió ante la presencia de nubes altas y bajas.

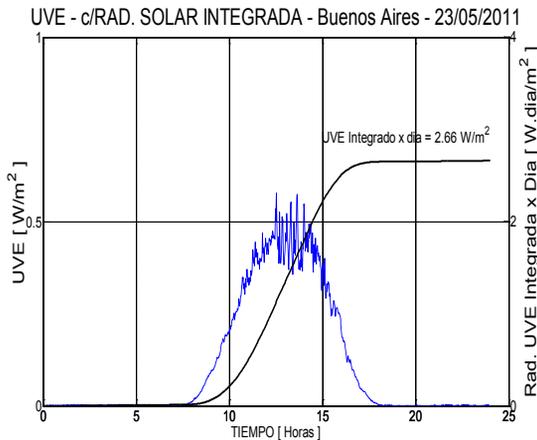


Fig. 4 – Señal Adquirida el 23/5/2011 con la Señal Integrada.

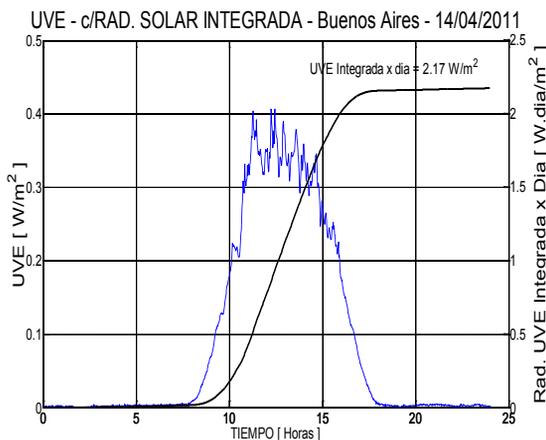


Fig. 5 – Señal Adquirida el 14/4/2011 con la Señal Integrada.

Se analizaron alrededor de 50 datos de cada radiómetro correspondientes a los meses de abril y mayo del 2011. Un 65% de ellos resultaron viables para realizar la calibración ya que el resto correspondían a

días muy nublados o por alguna razón técnica los datos diarios no estaban completos en alguno de los radiómetros. Con ellos se logró calibrar el radiómetro 'ad-hoc'. Las figuras 4 y 5; y las figuras 6 y 7 presentan el mismo tipo de resultado correspondientes a diferentes días.

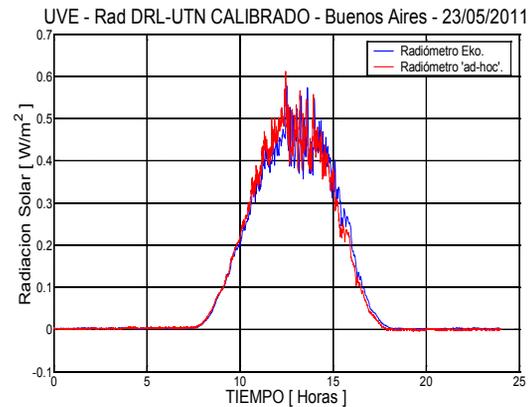


Fig. 6 – Comparación entre las señales adquiridas con ambos Radiómetros correspondientes al 23 de mayo del 2011.

En particular, lo observado en las figuras 6 y 7 muestran la excelente concordancia lograda. La pequeña diferencia observada en las figuras 6 y 7 se debe a una diferencia horaria en la toma de datos ya que al ser dos sistemas independientes de adquisición de señales, las computadoras no se encontraban sincronizadas.

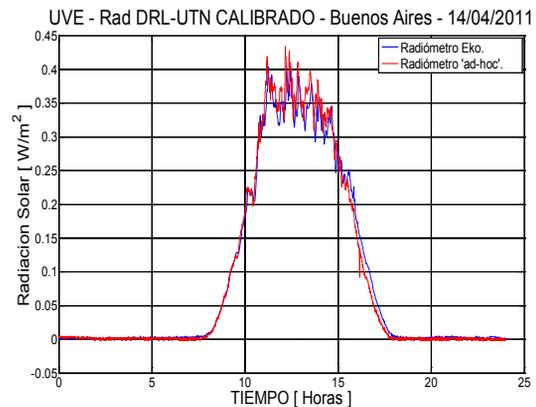


Fig. 7 – Comparación entre las señales adquiridas con ambos Radiómetros correspondientes al 14 de abril del 2011.

IV. CONCLUSIONES y TRABAJOS FUTUROS

Como resultado final del trabajo, se pudo determinar la constante de calibración para el radiómetro 'ad-hoc':

$$C_{cal} = 0,526 \pm 2,08 \cdot 10^{-2} \text{ W}/(\text{m}^2 \cdot \text{V})$$

Todos los casos analizados, presentaron una excelente coincidencia entre el Radiómetro comercial calibrado y el desarrollado por el grupo de trabajo. En la figura 8 se puede observar la evolución temporal durante los meses de Abril y Mayo de la temperatura máxima de cada día y de la radiación UVE máxima que alcanzó en cada día (ambos datos los entrega el radiómetro). Cabe destacar que tanto la temperatura máxima como el pico de radiación fueron observados durante la franja horaria que va entre las 11:45 hs y las

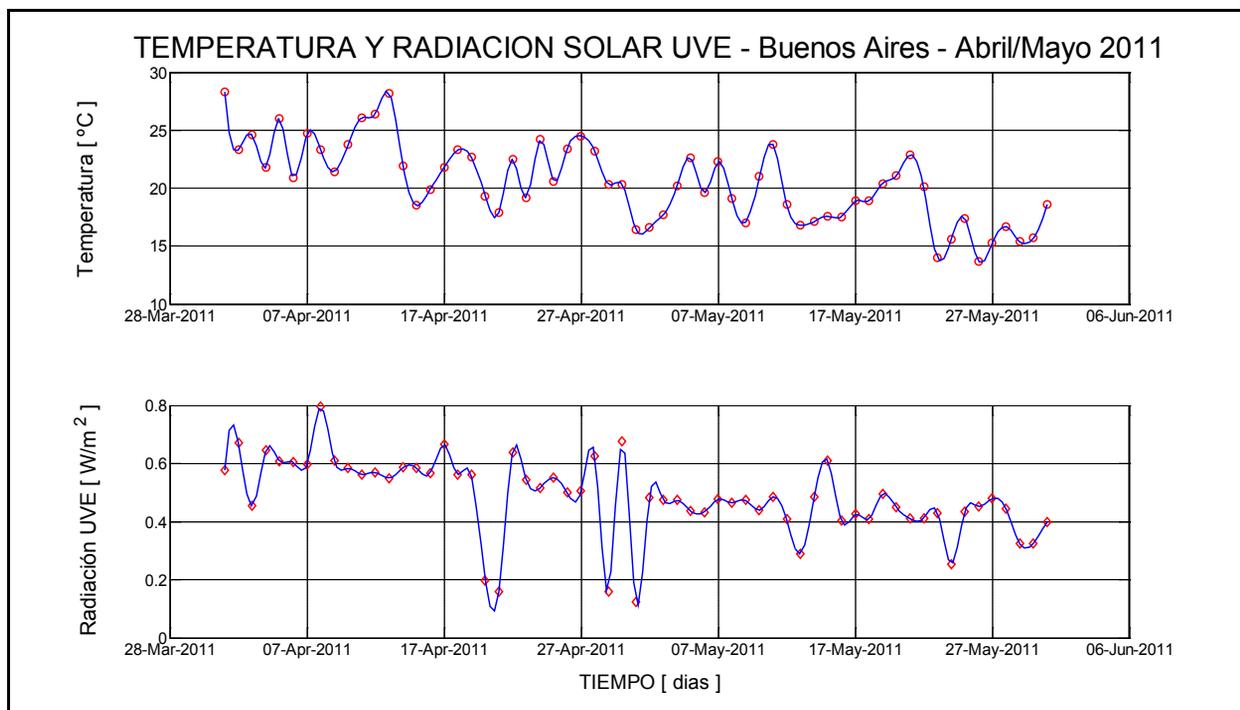


Figura 8 - Evolución bi-mensual de la Temperatura exterior y de la Radiación UVE del Radiómetro "Ad-hoc".

15:10 hs - Hora Local, correspondiente a las 10:45 y las 14:10 hs - Hora Solar. Los valores obtenidos dependen fuertemente de las condiciones meteorológicas locales.

Se diseñó y construyó un segundo radiómetro con el mismo tipo de sensor UVE. Dicho sensor está instalado y se encuentra en proceso de calibración. Esta unidad, a diferencia de la presentada en este trabajo, fue diseñada como para soportar clima extremo. El cabezal de esta unidad se puede observar en la Figura 2, es el que se encuentra a la izquierda de la fotografía. El nuevo instrumento será instalado en la Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Santa Cruz en Río Gallegos como parte la cooperación entre las dos regionales y CITEDEF. Este proyecto conjunto promueve el desarrollo de instrumental científico y tecnológico aplicado al medio ambiente (Proyecto UTN 56/11). La calibración final de ambos instrumentos podrán ser hechos una vez realizadas varias series de mediciones sistemáticas a lo largo de un año.

V. AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a las autoridades de la UTN-FRH (Universidad Tecnológica Nacional Facultad Regional Haedo) por el apoyo económico y logístico y a las autoridades de CITEDEF (Centro de Investigaciones

Científicas y Técnicas para la Defensa) por el apoyo dado al grupo de trabajo para la realización y control del radiómetro presentado.

VI. REFERENCIAS

- 1 - Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) (2001), The Scientific Basis, edited by: J. T. Houghton, Y. Ding, D. J. Griggs, M. Noguer, P. J. van der Linden, X. Dai, K. Maskell, and C. A. Johnson, 881 pp., Cambridge Univ. Press, New York.
- 2 - M. Lavorato, M. Pagura, P. Cesarano, P. Flamant. "Prototipo Experimental de un Espectrómetro Solar". Anales de la Asociación Física Argentina. Publicación AFA- Tandil, 2004, v.16, pp 287-290.
- 3 - K.N.Liou. Radiation and Cloud Processes in the Atmosphere – Monographs No.20 - Oxford University Press. 1992.
- 4 - www.ekko.com.jp – UV Radiometers brochure.pdf
- 5 - Thekaekara M. P., 1974: Extraterrestrial solar spectrum, 3000-6000 Å at 1 Å intervals. Appl. Opt.,13, 518-522.
- 6 - Thekaekara M. P., 1976: Solar irradiance: Total and spectral and its possible variations.. Appl. Opt.,15, 915-920.