

PROBLEMAS DE SALUD POR EXPOSICION NO CONTROLADA DE LA RADIACION SOLAR, DOSIMETRIA DE RUV EN REGIONES DE PARAGUAY

G. Coronel¹, L. More²

(1) Facultad Politécnica UNA.

(2) Comisión Nacional de Energía Atómica

Resumen

La exposición eritematosa UV, es una medida de la posibilidad de daño biológico debido a la radiación solar ultravioleta. En este trabajo se presentan resultados obtenidos de datos de Radiación UV (radiación no ionizante) del sensor OMI a bordo del satélite AURA. Se analizaron niveles de la irradiancia solar ultravioleta (280-320 nm) para las regiones de mayor densidad poblacional sobre Paraguay (23; 00 S, 58; 00 O) y en lugares donde las personas están expuestos a recibir importantes irradiancia solar UV. Se observó la existencia de variaciones anual e interanual y estacional de las dosis eritémica (en J/m²) recibidas superficie, muy notoria para el periodo de estudio. El valor más alto recibido fue en el verano del 2006 (6,55 kJ/cm²) en Ycuamandiyú. El periodo de estudio abarco los años 2005 a 2012, y se basó en la evaluación y desarrollo de la climatología de la radiación UV, necesario para evaluar los riesgos de la exposición a la radiación ultravioleta (UV). Con este trabajo se pretende sensibilizar a los habitantes y las autoridades pertinentes del país del problema de la exposición no controlada a la radiación solar ultravioleta (UV), y fue motivada por la necesidad de contar con datos fidedignos para estudios epidemiológicos y clarificar los mensajes de prevención. El trabajo provee datos científicos necesarios para apoyar la orientación hacia un régimen de exposición sensata y moderada a la exposición solar (UV), prevenir enfermedades, informar de las recomendaciones internacionales para tomar medidas que puedan reducir la probabilidad de sufrir quemaduras, daños oculares y enfermedades ocasionadas por exposición permanente. El trabajo se justifica por los altos valores de UVB y los crecientes números de casos de cáncer de piel en Paraguay, en año 2004 se reporto 311 defunciones (datos del MSPyBS).

Palabras clave: Radiación solar ultravioleta, dosis eritémica, ozono, efecto en la salud, riesgos.

1. INTRODUCCIÓN

La exposición eritematosa de UV, es una medida de la posibilidad de daño biológico debido a la radiación solar ultravioleta (RUV) [8]. En los últimos años se ha acrecentado el interés científico por los efectos biológicos y posibles consecuencias para la salud de las radiaciones UV solar débiles y de baja intensidad.

Varios son los problemas de salud conocidas debido a la exposición no controlada de la radiación solar, y es un tema que aún requiere ser más investigado y, en particular, qué política es la más apropiada, o sea tipo de restricciones a la exposición se debería evitar o recomendar prudentemente.

¹ E-mail del Autor. gcoronelster@gmail.com

El eritema o quemadura solar, es un enrojecimiento de la piel que normalmente aparece de cuatro a ocho horas después de la exposición a la RUV y desaparece gradualmente al cabo de unos días.

Los efectos biológicos de la radiación, en el intervalo espectral ultravioleta, presentan una drástica dependencia de la longitud de onda (λ) de la radiación. La radiación ultravioleta (RUV) es una radiación óptica de longitudes de onda más cortas y fotones (partículas de radiación) más energéticos que los de la luz visible.

En 1932, el Comité Internationale de Lumiere (CIE) presentó una división para esta zona del espectro distinguiendo tres regiones A, B y C por los distintos efectos biológicos que presentan.

La radiación de *tipo A* (UV-A; banda: 0.4 μm a 0.32 μm). Es muy poco absorbido en la atmósfera, es menos peligro por ser menos energética y su efecto biológico principal provoca el oscurecimiento de la piel.

La radiación de *tipo B* (UV-B; banda: 0.32 μm a 0.28 μm). Pequeños incrementos en las dosis recibidas provocan importantes daños sobre la piel y los ojos ya que no es fuertemente absorbida por la atmósfera y sus efectos se encuentran en el límite de la permisividad biológica. Las quemaduras que provoca son muy frecuentes.

La radiación de *tipo C* (UV-C; banda: abarca la zona del espectro que va de 0.280 μm a 0.200 μm). Esta radiación es absorbida fuertemente por el ozono estratosférico.

De los tres tipos, la UVB y la UVC son unas 1.000 veces más eficaces que la UVA como agentes causantes de eritema (1), pero el eritema producido por la UVB, de mayor longitud de onda (295 a 315 nm) es más intenso y persiste durante más tiempo [2]. Esta mayor intensidad y duración se deben a que la penetración de esta radiación de mayor λ en la epidermis es más profunda. La piel presenta la máxima sensibilidad en $\lambda \approx 295 \text{ nm}$ [3], siendo esta sensibilidad mucho menor (aproximadamente 0,07) a $\lambda \approx 315 \text{ nm}$ y superiores [4].

La Dosis Mínima Eritémica (MED) es la dosis de radiación UV efectiva que causa un enrojecimiento perceptible en la piel humana no expuesta previamente. No obstante, no todos los individuos presentan la misma sensibilidad a la radiación UV debido a la diferente pigmentación natural de la piel. Para cada foto-tipo, la dosis eritemática mínima de exposición de cierto tiempo tiene un valor dado (1 MED = 210 J/m²). El promedio anual en periodo 2005 a 2014, en nuestro país, presentó valores $\geq 5,36 \text{ kJ}\cdot\text{cm}^{-2}$, los cuales están por encima de las dosis eritémica mínimas (MED) correspondientes a los tipos de piel más frecuentemente encontrados en los lugares de estudios de Paraguay, que son el III y IV. La MED para pieles tipo III y IV corresponden a 300-500 y 400-600 J·m⁻²/día, respectivamente.

La dosis eritémica mínima (DEM) para 295 nm notificada en estudios más recientes para piel sin broncear, ligeramente pigmentada, varía entre 6 y 30 mJ/cm² [5].

La DEM a 254 nm varía considerablemente dependiendo del tiempo de exposición y de si la piel ha estado expuesta mucho tiempo a la luz solar en el exterior, suele ser del orden de 20 mJ/cm², pudiendo llegar a 0,1 J/cm².

Para la obtención de los periodos de exposición de la piel al sol se debe tener en cuenta las dosis de radiación UV-B que los diferentes tipos de piel soportan antes de sufrir un enrojecimiento mínimo (eritema). La exposición crónica a la luz solar (en especial el tipo UVB) acelera el envejecimiento de la piel e incrementa el riesgo de cáncer de piel [6]. Estudios epidemiológicos han mostrado que la incidencia de cáncer de piel también está estrechamente relacionada con la latitud, la altitud y las condiciones atmosféricas, lo cual se

relaciona a su vez con la exposición a la RUV [7]. En la tabla 1, presenta las características del tipo de piel y el MED.

Tabla 1; Valor del MED en función del tipo de piel y Características Generales Identificativas del tipo de piel. Se consideran 4 tipos básicos de piel.

Tipo de piel	Se Quema	Pelo	Ojos	1 MED
I	Siempre	Pelirrojo	Azules	210 J/m ²
II	A Veces	Rubio	Azul -Verdes	250 J/m ²
III	Pocas	Castaño	Gris-Marrón	350 J/m ²
IV	Nunca	Negro	Marrones	450 J/m ²

No todo es daño con la RUV [8], la exposición sana al sol proporciona diversos beneficios.

La importancia de los resultados de este trabajo radica en el hecho de hacer conocer los lugares y periodo que son más vulnerables a la radiación UVB en Paraguay. La opinión pública necesita estar informado de cuáles son las regiones del país en donde las personas pueden estar expuestas a reciben importantes incrementos de irradiancia solar UV, y que sensiblemente pueden afectar gravemente su salud, para que puedan tomar precauciones y tener conciencia de los riesgos que representa una exposición solar excesiva.

Gran parte de la población de Paraguay realizan actividades al aire libre, de manera parcial o de forma permanente, pero frecuentemente en condiciones de alta exposición a la radiación solar ultravioleta, en la mayoría de los casos sin que, adopten las medidas de protección adecuadas. Algunas de estas actividades principalmente son la agricultura, forestal, servicios, y la educación, etc.

En el Instituto Nacional del Cáncer “Hospital Prof. Dr. Manuel Riveros”, se detectaron aumentos de casos de Melanomas en los últimos años de la siguiente forma 23(en el año 2011), 36(año 2012), 39(año 2013) y 37(año 2014).

Ya en el periodo de años 1996 a 2004, según Estadísticas del Ministerio de Salud, fueron registrados 342 casos de muertes por cáncer de piel [11].

Al año 2004, de 311 defunciones por cáncer de piel registrado en el país [12] (151) se registraron en Asunción y el departamento Central, en el departamento de Alto Paraná (22), Concepción (16), San Pedro (18), Paraguarí (31), Caaguazú (21), Guairá (14) e Itapúa (38).

En este trabajo se presenta la distribución de la dosis eritémica sobre los principales departamentos de Paraguay en el periodo 2005 al 2012, así su comportamiento, y análisis de algunos eventos extremos (máximos y mínimos).

En la figura 1 se observa el comportamiento diario, en días claros.

2. METODOLOGÍA

En Paraguay, la escasa disponibilidad de datos experimentales con plataforma terrestre induce a recurrir a la utilización de datos satelitales para tener una estimación del valor de la Dosis Eritémica [9]. En este trabajo se analizan datos del sensor OMI (Ozone Measurements Instrument) de la NASA. El OMI, es un instrumento que se encuentra a bordo del satélite Aura (http://jwocky.gsfc.nasa.gov/teacher/ozone_overhead_v8.html), que explora a nadir en el visible (350-500 nm) y en los canales de longitud de onda del ultravioleta (UV-1(B): 270-314 nm; UV-2(A): 306-380 nm). La resolución de los datos es de 1.5° de longitud por 1.0° de latitud, con esta resolución el OMI registró las medidas hasta el año 2007.

3. OBJETIVO

El objetivo del trabajo es fomentar las actividades de investigación relacionadas al estudio de la radiación ultravioleta, y sus consecuencias sobre la salud humana. Mostrar la distribución espacio-temporal de la Dosis Eritémica sobre nuestro país. Difundir, sensibilizar sin alarmar, creando una educación y conciencia ambiental tal a contribuir a evitar y revertir esta situación problemática que nos afecta a todos, instalar este tema en la sociedad y en los medios políticos de decisión, tendientes principalmente a concientizar sobre la prevención del cáncer de piel.

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se obtuvieron datos de la distribución diaria de la radiación UVB sobre Asunción (2005), se construyeron gráficos y tablas con máximos y mínimos de la dosis eritémica para varios departamentos para el periodo que va desde el 2005 al 2013 con datos del sensor OMI. Se graficaron las dosis eritémica para las diferentes estaciones climáticas.

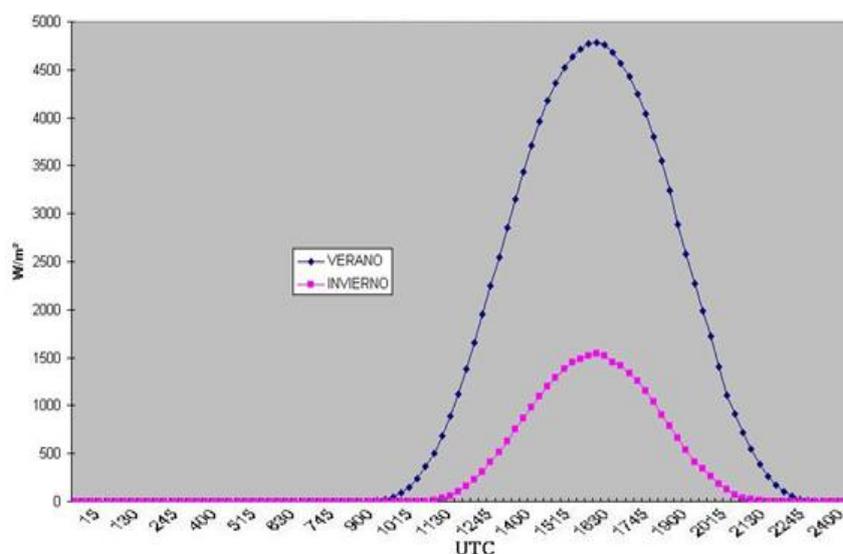


Figura 1. Comportamiento de la RUVB en días claros, medidos en verano (1/01/2000) e invierno (13/06/2000). LIAPA-FACEN (Radiómetro YANKEE UVB-1)

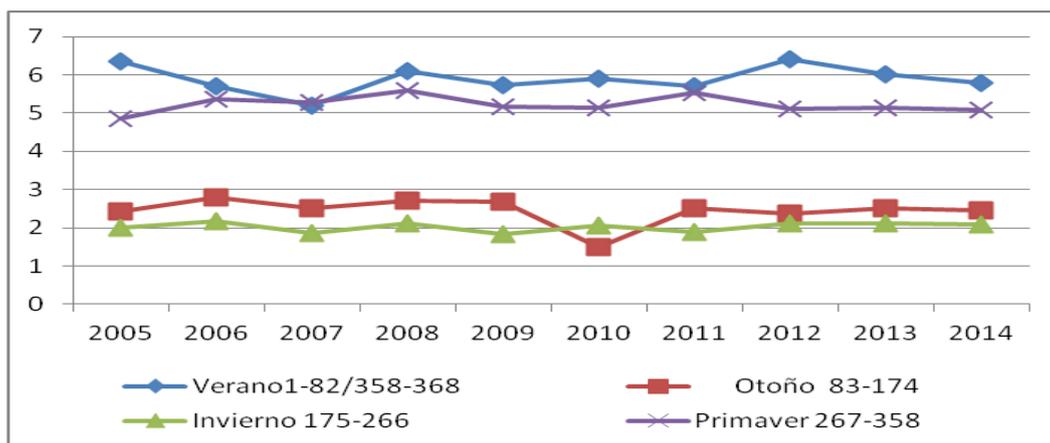


Figura 2. Distribución anual de la dosis eritémica para las diferentes estaciones en Encarnación. Periodo 2005 al 2013.

Tabla 2: Valores de la Dosis Eritémica para Asunción Lat.: -25.270 deg. Long.: -57.630 deg para las cuatro estaciones del año, en el periodo que va de 2005 a 2014.

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	$\Delta(2014-2005)$
Verano	5,21	6,30	6,05	6,05	5,99	5,78	5,62	5,94	6,37	5,75	1,16
Otoño	2,40	2,75	2,39	2,72	2,67	2,47	2,43	2,46	2,51	2,43	0,36
Invierno	2,05	2,19	1,85	2,11	1,96	2,14	1,95	2,05	2,18	2,05	0,34
Primavera	5,06	5,29	5,30	5,51	5,36	5,56	5,61	5,15	5,05	5,05	0,56

Observacion: En días Juliano; *Verano* (va de 1-82 y 359-365), *Otoño* (83 a 174), *Invierno* (175 a 266), *Primavera* (267 a 358)

Tabla 3: Valores de la Dosis Eritémica (kJ/cm²) en verano, para diferentes localidades de Paraguay en el periodo 2005 - 2014

Dpto/Años	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	Lat.	Prom Dpto
Fuerte Olimpo	5,88	5,61	5,52	6,31	6,20	6,02	5,60	6,15	5,92	5,90	21.01	5,91
P J Caballero	5,62	5,11	5,17	6,09	5,91	5,50	5,14	5,44	5,97	5,63	22.30	5,56
Filadelfia	6,11	6,16	5,53	6,02	5,70	5,29	5,97	6,05	5,89	5,65	22.35	5,84
Concepción	6,41	5,43	5,46	6,33	6,31	5,99	5,58	6,13	6,06	6,04	23.22	5,97
S. del Guaira	6,39	6,18	4,43	6,40	4,83	6,38	5,33	5,04	5,70	5,65	24.07	5,63
Ycuamandiyú	6,47	6,55	5,44	6,24	6,26	6,03	5,82	6,42	6,38	5,88	24.10	6,15
V. Hayes	6,37	6,37	5,68	5,55	5,90	5,91	5,63	6,20	6,18	5,75	25.09	5,95
Asunción	5,21	6,30	6,05	6,05	5,99	5,78	5,62	5,94	6,37	5,75	25.10	5,91
C. del Este	6,14	6,28	5,14	6,15	5,73	6,20	5,80	5,95	5,89	5,81	25.30	5,91
Encarnación	6,34	5,69	5,20	6,11	5,73	5,89	5,71	6,40	6,01	5,8	27.15	5,89
Prom Anual	6,09	5,97	5,36	6,13	5,86	5,90	5,62	5,97	6,04	5,79		

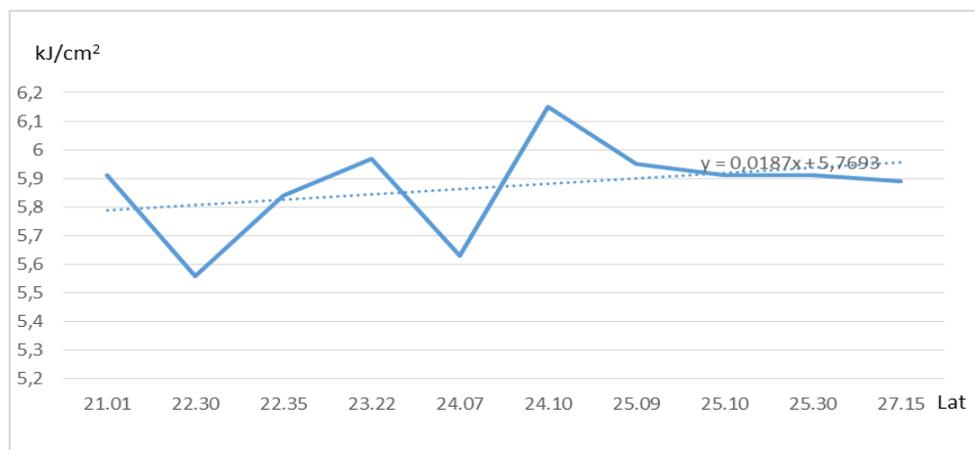


Figura 3. Dosis Eritémica vs. Latitud para algunas regiones de Paraguay

5. CONCLUSIONES

- El comportamiento diario de la radiación recibida en superficie (Figura 1), indica que entre las 10 a 16 hs local, no es recomendable exponerse sin protección a la radiación solar.
- Distribución anual de la Dosis Eritémica en Primavera-Verano es casi 83% mayor que en Otoño-Invierno, en Encarnación y casi todos los lugares de estudio, para el periodo de estudio 2005 al 2013 (Figura 2)
- En Asunción la variación interanual estacional es máxima para el verano (Tabla 2)
- Los grandes valores de la dosis eritémica están concentrada en una franja que va desde Ycuamandiyu a Concepción, y en el Chaco la franja que pasa por Filadelfia (ver Tabla 3)

- Se observa una escasa variación latitudinal de la Dosis Eritémica (Figura 3)

6. BIBLIOGRAFIA

1. Parrish, Jaenicke y Anderson 1982 Erythema and melanogenesis. Paris: Institute National de Recherche et de Security
2. Hausser, K. W., Einfluss der Wellenlänge in der Strahlenbiologie. Strahlentherapie, 1928, 28, 25.
3. Luckiesh, M., Holladay, L. L., and Taylor, A. H., Reaction of untanned human skin to ultraviolet radiation. J. Optic. Soc. America, 1930, 20, 423.
4. McKinlay, A. F. and B. L. Diffey (1987) in Human Exposure to Ultraviolet Radiation: Risks and Regulations, ed. W. F. Passchier and B. F. M. Bosnjakovic, Elsevier, Amsterdam, 1987, pp. 83–87.
5. Everett, MA, RL Olsen, RM Sayer. 1965. Ultraviolet erythema. Arch Dermatol 92:713-719
6. Fitzpatrick, TB, MA Pathak, LC Harber, M Seiji, A Kukita. 1974. Sunlight and Man, Normal and Abnormal Photobiologic Responses. Tokio: Univ. of Tokyo Press.
7. Scotto, J, TR Fears, GB Gori. 1980. Measurements of Ultraviolet Radiations in the United States and Comparisons with Skin Cancer Data. Washington, DC: US Government Printing Office
8. Diffey B. L. 1991. Solar ultraviolet effects on biological systems. Phys. Med. Biol. 36, 229-328.
9. Iqbal, M. 1983. An Introduction to Solar Radiation. Academic Press, Toronto. XII.
10. Marcelo de Paula Corrêa e Genaro Coronel. 2002, 1771 VARIABILIDADE DAS MEDIDAS DE IRRADIÂNCIAS UVB E ERITÊMICA EM PERÍODOS DE QUEIMADAS. Congresso Brasileiro de Meteorologia, Foz de Iguacu-PR, 2002 (<http://www.cbmet.com/cbm-files/11-e07011f8f170cf3e0dd8b3fe1f4dd419.pdf>)
11. M. Correa et al Ultraviolet Index standardization in South America, 2007. <http://www.pmodwrc.ch/uvconf2007/pdfabstracts/UVConf029.pdf>
12. G. Coronel. “La capa de ozono y su incidencia en la salud humana”. Secretaría del Ambiente (Seam). 14 – 09 – 2007.

