

## MEDICIÓN DE RIESGO SOLAR EN SALTA

Suárez H.<sup>(1,2)</sup>, Salazar G.<sup>(1,2)</sup>, Acosta D.<sup>(1)</sup>, Cadena C.<sup>(1,2)</sup>, Adámo J. <sup>(1)</sup>, Castillo J.<sup>(1)</sup>, Suligoy H. <sup>(2)</sup>, Fernández C.<sup>(1)</sup>, Marín M.J.<sup>(3)</sup>, Utrillas P.<sup>(3)</sup> y Martínez Lozano J.A.<sup>(3)</sup>

<sup>(1)</sup>UNSa, Avda. Bolivia 5150, A4408FVY, Salta Capital, Argentina.

<sup>(2)</sup>INENCO, Avda. Bolivia 5150, A4408FVY, Salta Capital, Argentina.

<sup>(3)</sup>Universitat de Valencia, Dr. Moliner 50, 46100, Valencia, España.

*Recibido 14/08/13, aceptado 23/09/13*

**RESUMEN:** El riesgo por exposición a radiación solar en una región se mide calculando el Índice Solar Ultravioleta Eritémico (IUV). Éste califica el riesgo solar desde *bajo* (0-2), hasta *extremo* (11-o más) según la Organización Mundial de la Salud (OMS). En este trabajo se presentan datos de IUV medidos en Salta, Argentina (24.7287 S, 65.4096 W, 1232 m.s.n.m.), durante el período Diciembre 2012 -Julio 2013. Los datos se tomaron con un radiómetro ultravioleta eritémico de Kipp & Zonen. Los resultados indican elevados valores de IUV en la ciudad de Salta alrededor del mediodía solar, con valores *altos* ( $5 \leq \text{IUV} < 7$ ), *muy altos* ( $7 \leq \text{IUV} < 11$ ) y *extremos* ( $\text{IUV} \geq 11$ ). Además, se calculan tiempos de exposición de riesgo para el fototipo cutáneo II de Fitzpatrick y Factores de Protección Solar (FPS) recomendados según la categoría de riesgo.

**Palabras clave:** Radiación UV, Índice UV, radiómetro, eritema.

### INTRODUCCIÓN

La radiación solar ultravioleta (UV), en los rangos ultravioleta B (UVB, 280-320 nm) y ultravioleta A (UVA, 320-400 nm), tiene múltiples consecuencias para la vida en nuestro planeta, ya que en dosis apropiadas sus efectos son favorables para ciertos procesos biológicos, pero en dosis excesivas y debido a que son acumulativas sus consecuencias pueden ser muy perjudiciales para los seres vivos. Los efectos dañinos pueden ser envejecimiento prematuro de la piel, diversos tipos de cáncer, cataratas, afecciones oculares y numerosas enfermedades denominadas fotodérmicas (WHO, 2006; Rollano, 2003). Junto con los aerosoles atmosféricos y la nubosidad, la atenuación de la radiación solar UVB sobre un lugar determinado está fuertemente relacionada con el espesor de la columna vertical de capa de ozono medida en Unidades Dobson (DU por su sigla en inglés). Una DU equivale a 0,01 mm de espesor de capa en condiciones normales de presión y temperatura (1 atm. y 0°C respectivamente). La irradiación UV depende fuertemente de la elevación solar y cambios de latitud, estación del año y hora del día, siendo mayor entre los trópicos, en verano y al mediodía donde los ángulos cenitales son pequeños (Iqbal M., 1983).

### IRRADIACIÓN ERITÉMICA

La estimación del tiempo máximo de exposición al sol, antes de la formación de eritema (enrojecimiento de la piel), implica no solamente factores geográficos o atmosféricos, sino otros inherentes al propio ser humano, tales como el color de la piel, el cabello y los ojos, condiciones de salud, reacciones alérgicas, etc. La respuesta biológica de formación del eritema por exposición a una dosis de radiación UV es lo que se denomina Dosis Eritémica Mínima (MED, por su sigla en inglés) (Madronich y Flocke, 1997).

#### *Espectro de acción eritémica (CIE) e Irradiación biológica eritémica activa*

Un espectro de acción describe la efectividad relativa de la radiación solar en producir una respuesta biológica determinada en una longitud de onda concreta. Los espectros de acción más importantes son: el eritémico (enrojecimiento de la piel), el de absorción por parte del ADN y el de cáncer de piel (no melanoma). Al constituir las quemaduras un efecto negativo frecuente en la piel humana, el espectro de acción CIE eritémico (Mc Kinlay, 1987) es el más recomendado de emplear para cuantificar el efecto dañino de la radiación UV sobre la piel. El espectro de acción eritémico se emplea como un peso dependiente de la longitud de onda para la irradiación espectral UV; integrando luego sobre todas las longitudes de onda se puede encontrar la irradiación eritémica efectiva real (UVER). El Índice ultravioleta (IUV) se obtiene multiplicando el valor de la UVER en  $\text{W/m}^2$  por el factor 40  $\text{m}^2/\text{W}$  por convención (WHO, 2002), resultando valores adimensionales de fácil referencia para la población. La dosis UV efectiva para un período particular de tiempo de exposición se calcula sumando la UVER para dicho período. La figura 1 muestra los espectros ultravioleta solar,  $\text{UV}(\lambda)$ ; eritémico,  $\text{CIE}(\lambda)$  y el de radiación UV eritémica,  $\text{CIE}(\lambda) \times \text{UV}(\lambda)$ .

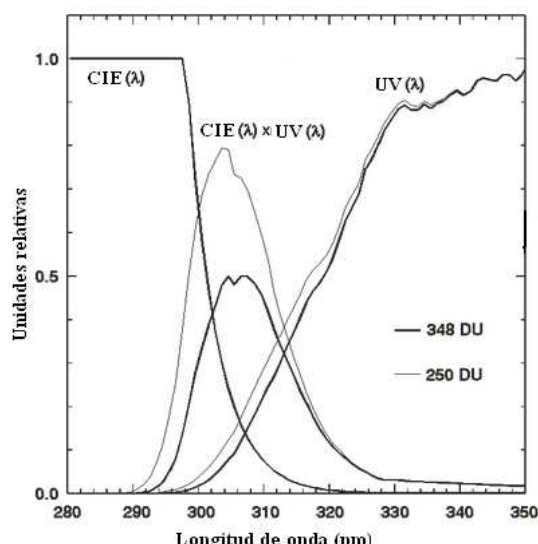


Fig 1: Espectro de radiación solar eritémica obtenida a partir de la irradiación espectral solar y el espectro eritémico CIE para dos valores de espesor de capa de ozono (adaptada de Madronich y Flocke, 1997).

#### Dosis Eritémica Mínima

La “dosis eritémica mínima”, se usa para describir el potencial eritémico de la radiación UV. Un MED se define como la dosis efectiva de radiación UV que produce un enrojecimiento observable de la piel humana sin exposición previa. Sin embargo, los diferentes individuos no presentan la misma sensibilidad a la radiación UV debido a la protección propia de la piel por pigmentación melánica (fototipos), es por eso que 1 MED varía entre 200-500 J/m<sup>2</sup>.

Los fototipos cutáneos se han establecido en función de la susceptibilidad de la piel a sufrir daño por la acción solar. Se clasifican, según la escala Fitzpatrick (Coba Luque, 2007), en seis grupos que mediante la numeración del I al VI distingue los diferentes patrones de piel (Tabla 1). Los números más bajos corresponden a las personas de piel más clara y los números más altos a las de piel oscura y por tanto con mayor protección natural contra la radiación ultravioleta. Aproximadamente, 4 MED producirán dolor y 8 MED ampollas (Harrison y Young, 2002).

FOTOTIPO CUTÁNEO	SE QUEMA TRAS LA EXPOSICIÓN AL SOL	SE BRONCEA TRAS LA EXPOSICIÓN AL SOL	Riesgo Solar	
			Índice UV	Riesgo Solar
I. II. Deficiente en Melanina	Siempre	Raramente	$0 \leq \text{IUV} < 2$	Bajo
	Habitualmente	Algunas veces	$2 \leq \text{IUV} < 5$	Moderado
III. IV. Melanina Suficiente	Algunas veces	Habitualmente	$5 \leq \text{IUV} < 7$	Alto
	Raramente	Siempre	$7 \leq \text{IUV} < 11$	Muy alto
V.	Piel Morena Natural		$\text{IUV} \geq 11$	Extremo
VI. Protección Melánica	Piel Negra Natural			

Tabla 1: Fototipos cutáneos según la escala Fitzpatrick.

Tabla 2: Riesgo Solar adoptado por OMS y OMM

#### Calificación de Riesgo Solar

La UVER es la integral del espectro UV efectivo sobre las longitudes de onda y se expresa usualmente en W/m<sup>2</sup> o MED/h. El índice solar ultravioleta estándar más utilizado se define como la UVER (W/m<sup>2</sup>) al mediodía solar multiplicado por 40 m<sup>2</sup>/W. Una unidad del índice UV representa 0.025 W/m<sup>2</sup> (0.15 mJ/cm<sup>2</sup>/min o 0.0025 mJ/cm<sup>2</sup>/s. En la Tabla 2 se muestra la clasificación del IUV para diferentes rangos de riesgo solar adoptada por la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM).

#### Estimación del tiempo para la inducción de quemadura solar

La Dosis eritémica (J/m<sup>2</sup>) es el resultado de integrar la UVER (W/m<sup>2</sup>) en el tiempo de exposición (s). El tiempo para manifestación del eritema es el máximo tiempo que se puede permanecer al sol sin que se produzca eritema. Este tiempo se calcula a partir del IUV y el valor de 1 MED para cada tipo de piel. La norma DIN-5050 define los valores de MEDs para los distintos fototipos cutáneos. El valor del MED para el fototipo II (MED<sub>II</sub>) es de 250 J/m<sup>2</sup>. Por lo tanto, la exposición solar en minutos capaz de originar eritema según el IUV se calcula de acuerdo a la siguiente fórmula:

$$T(\text{min}) = \text{MED} (\text{J/m}^2) / [\text{IUV}/40 (\text{W/m}^2) \times (60 \text{ s/min})] \quad (1)$$

Estos son valores medios ya que dentro de cada fototipo puede haber variabilidad debido a las condiciones propias de cada individuo. Valores de IUV menores que dos no se consideran debido a que representan riesgo solar *bajo*.

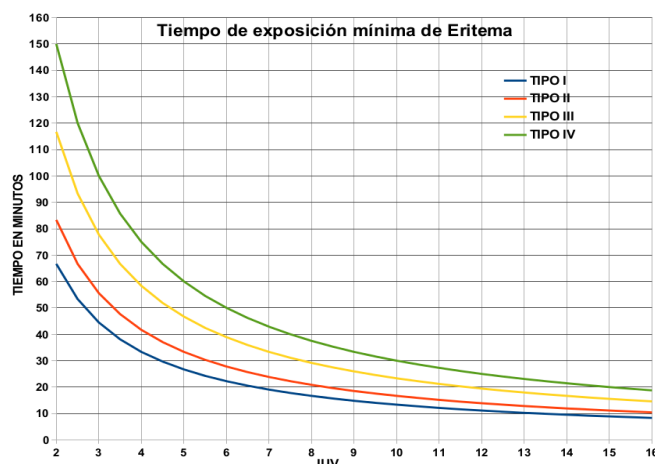


Fig 2: Tiempo de exposición mínima (minutos) para formación de eritema en fototipos I,II,III y IV en función del IUV. Los MEDs se tomaron de acuerdo a la norma DIN-5050 y se supone cielo claro.

### MATERIALES Y MÉTODOS

A continuación se detallan las técnicas y dispositivos de medida utilizados para la determinación de los parámetros que permiten estimar el riesgo por exposición a radiación UV.

Las medidas de radiación global y eritémica se realizaron en Salta Capital, en los predios de la Universidad Nacional de Salta (UNSa). Para las primeras se utilizó el radiómetro CM3 de Kipp & Zonen y las de radiación UVER se registraron mediante radiómetros UVS-E-T de Kipp & Zonen. Ambos radiómetros son de banda ancha. Las fechas de calibración fueron Mayo del 2009 y el 09-07-2012 respectivamente, ambos presentan una incertidumbre en las mediciones del 5%. La toma y almacenamiento de datos, cada minuto, se realizó con dataloggers CR1000 de Campbell. La limitación que presentan, estos radiómetros de banda ancha, se debe a la integración de todo el espectro, siendo el resultado un único número, con la consiguiente pérdida de información. La precisión de las medidas se logró utilizando un factor de ajuste  $\chi$ , compuesto por un factor de calibración radiométrica  $\rho$  y un factor de conversión  $\gamma$ , que dependen del instrumento y de las condiciones de medición. Para la determinación del factor de conversión, el ángulo cenital ( $\Theta_0$ ) y densidad de columna de ozono ( $O_3$ ) se determinaron en función de la posición de cada sitio (latitud y longitud), la hora GMT, la lectura del radiómetro UV (Voltios) y los datos satelitales del TOMS (Total Ozono Mapping Spectrometer).

En el radiómetro UVS-E-T de Kipp & Zonen de banda ancha, el sensor del detector es una combinación de filtros de absorción, fósforo y diodo de GaAsP. La base del sensor se encuentra estabilizada en temperatura, lo cual es muy importante ya que instrumentos que no consideran este efecto pueden cometer errores de hasta 0.8%/C (Rivas et al,1996). Las mediciones del instrumento corresponden directamente a irradiación eritémica efectiva, UVER.

### MEDICIONES Y RESULTADOS

#### La Radiación Global en Salta

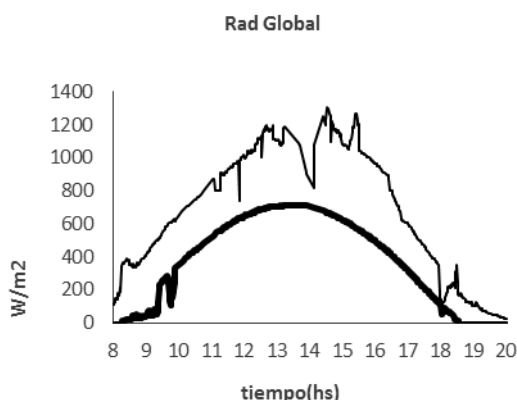


Fig 3 : Radiación Global en Salta el día 08/02/10 (verano) y el día 29/07/09 (invierno).

La figura 3, muestra el comportamiento diario de la radiación global para un día de verano y otro de invierno en los predios de la Universidad Nacional de Salta (UNSa), en Salta Capital; utilizando datos del radiómetro CM3 de Kipp & Zonen. Se observa que cerca del cenit se tienen máximos debido al menor ángulo cenital; en Salta-UNSa (latitud:24.7287 S, longitud: 65.4096 W y altura: 1232 m.s.n.m.) se produce alrededor de las 13:30 hs, que corresponde al mediodía solar local. Se observa en la figura 2 que la máxima intensidad de radiación para un día de invierno (Ej. 700 W/m<sup>2</sup> a las 13:30 hs del 29/07/2009) se recibe mucho antes del mediodía solar en verano (Ej. 700 W/m<sup>2</sup> a las 10:30 hs del 08/02/2010), lo que indica la gran variabilidad de irradiación solar en Salta (Capital) y su elevada intensidad.

#### La Radiación Ultravioleta Eritémica en Salta

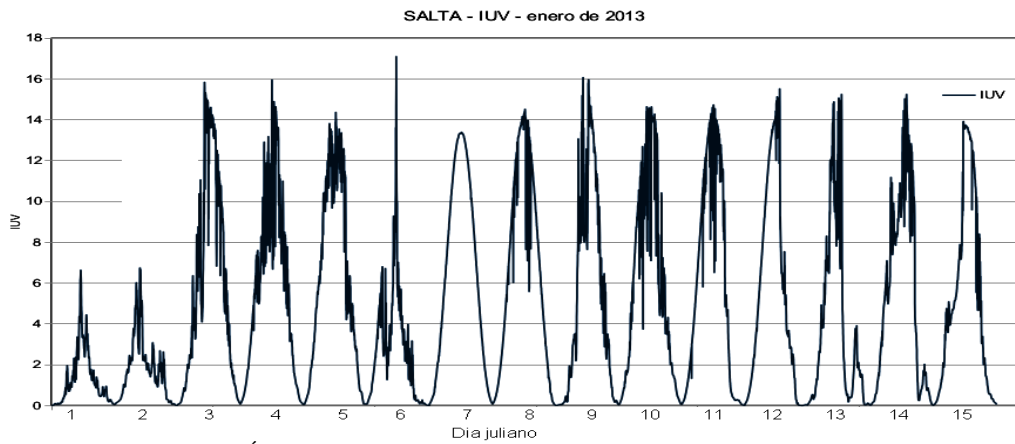


Fig 4: Índice UV en Salta para la primera quincena de Enero del 2013

Los datos de radiación eritémica fueron tomados en la misma localización que los de radiación global (Salta-UNSa), a intervalos de un minuto para el período comprendido entre los solsticios de verano e invierno 2012-2013. En la figura 4 se representan, a modo ilustrativo, una muestra de datos correspondientes a la primera quincena del mes de enero del 2013 expresados como IUUV. A partir de esta serie de datos se pueden realizar análisis del comportamiento de la radiación eritémica a lo largo de un día en particular o se pueden inferir niveles de variabilidad a lo largo de períodos temporales (verano, invierno). Si las oscilaciones diarias son simétricas indican que ese fue un día de cielo claro, mientras que si son asimétricas indican fluctuaciones debidas a nubosidad, las cuales en general producen disminuciones de UVER. En ocasiones nubes del tipo cúmulo o cúmulo-nimbos, cuando se encuentran alrededor del disco solar, producen valores de radiación solar superiores a los esperados para día de cielo claro. De la figura 4 se observa que los IUUV máximos en el mediodía solar alcanzan valores calificados como de riesgo *extremo* y se dan con gran frecuencia.

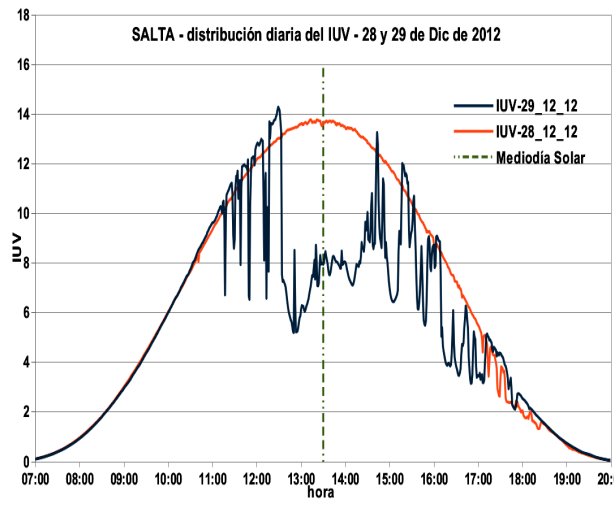


Fig 5: Distribución diaria de Índice UV para día claro y nublado en verano.

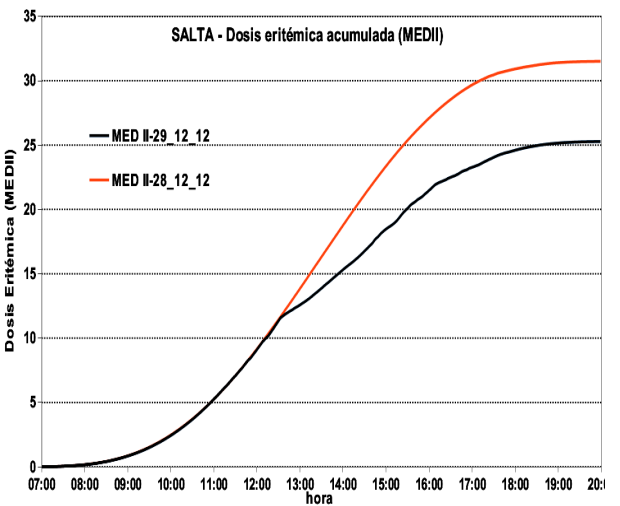


Fig 6: Dosis eritémicas acumuladas ( $MED_{II}$ ) para día claro y nublado en verano.

Los datos presentados en la figura 5 y figura 6 corresponden a los medidos el día 28/12/2012 (cielo claro de verano) y el 29/12/2012 (cielo nublado de verano). Estos son días representativos alrededor del solsticio de verano (21 de Diciembre). En la figura 5, la simetría de la curva correspondiente al día 28/12/2012 revela un día con ausencia de nubosidad mientras que la asimetría en la curva del 29/12/2012 es un indicador de presencia de nubes que reducen los valores de radiación incidente. En la figura 5 se observa disminución de 43 % en IUUV (desde 14 a 8) al mediodía solar. En la figura 6 se observa la disminución del 22% en dosis eritémica acumulada (desde 32 a 25  $MED_{II}$ ) al finalizar el período de irradiación solar para ese día.

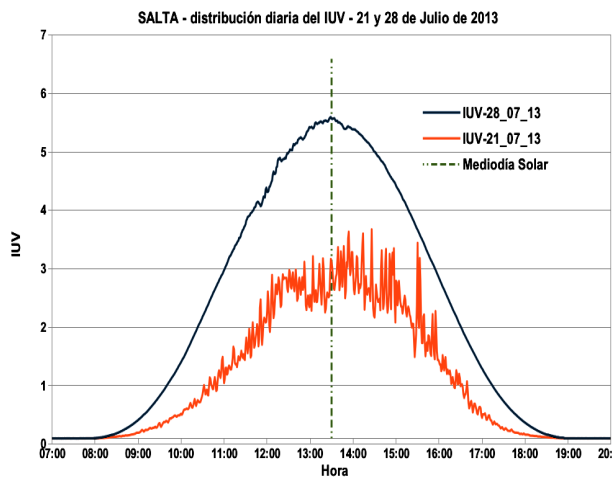


Fig 7: Distribución diaria de Índice UV para día claro y nublado en invierno.

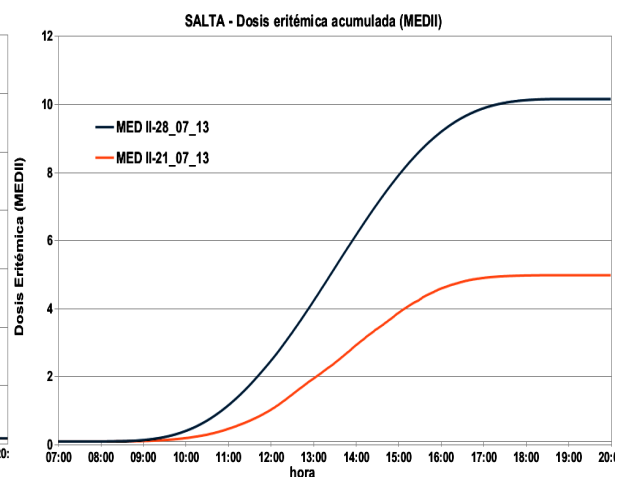


Fig 8: Dosis eritémicas acumuladas ( $MED_{II}$ ) para día claro y nublado en invierno.

Los datos presentados en la figura 7 y figura 8 corresponden a los medidos el día 28/07/2013 (cielo claro de invierno) y el día 21/07/2013 (cielo nublado de invierno). Estos son días representativos de períodos alrededor del solsticio de invierno (21 Junio). En la figura 7, la simetría de la curva correspondiente al día 28/07/2013 revela un día con ausencia de nubosidad mientras que la asimetría en la curva del 21/07/2013 es un indicador de presencia de nubes que reducen los valores de radiación incidente. En la figura 7 se observa disminución de 44 % en IUV (desde 5.7 a 3.2). En la figura 8 se observa la disminución del 50% en dosis eritémica acumulada diaria (de 10.1 a 5.1  $MED_{II}$ ).

La distribución diaria de IUV correspondiente a tres días claros distribuidos a lo largo del período de medición son presentados en la figura 8. Corresponden a los medidos los días 28/12/2012, 21/03/2013 y 02/06/2013 y son indicativos de la variación del IUV durante el transcurso del día y a lo largo del período de medición entre los solsticios de verano e invierno en Salta (Capital).

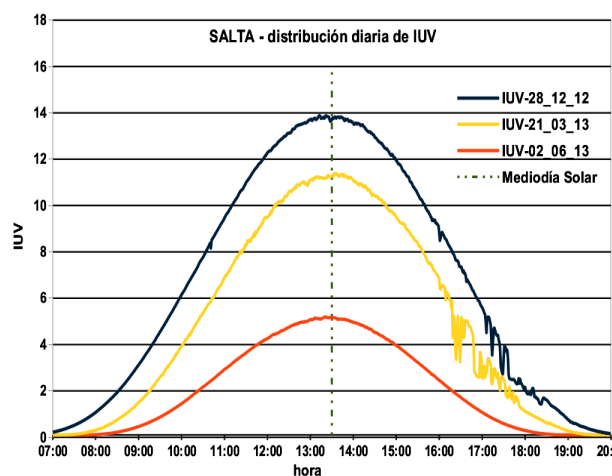


Fig 9: Distribución diaria de Índice UV para tres días claros durante el período de medición.

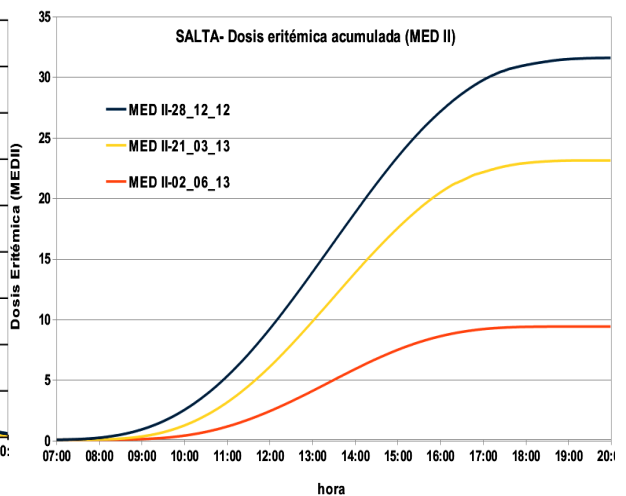


Fig 10: Dosis eritémicas acumuladas ( $MED_{II}$ ) para tres días claros durante el período de medición.

Se observa, en la figura 9, la simetría de las distribuciones alrededor del mediodía solar y la disminución de las intensidades de IUV desde el solsticio de verano y hasta el solsticio de invierno. Al ser la radiación UVER proporcional al IUV, sus fluctuaciones en el período de medición son similares a las correspondientes del IUV. El IUV para el día 28/12/2013, al mediodía solar alcanza el valor de 14 disminuyendo hasta llegar al equinoccio con un valor de 11.5 (18% de disminución) el día 21/03/2013 siendo muy notorio su descenso al acercarnos al solsticio de invierno donde su valor es de solo 5 (64% de disminución). En la figura 10 las dosis eritémica acumuladas diarias se van diferenciando notoriamente desde verano a invierno, con intervalo de valores que van desde 32  $MED_{II}$  cercano en el solsticio de verano hasta 10  $MED_{II}$  (68 % de disminución) en las proximidades del solsticio de invierno mientras que en el equinoccio de otoño su valor es de 23  $MED_{II}$  (28% de disminución).

#### Análisis de los datos

La evolución diaria de los valores de irradiación eritémica es coincidente, salvo un factor de escala, a la curva diaria de la altura solar, alcanzando el valor máximo en torno al mediodía solar local (alrededor de las 13:30 hs en Salta). Esto es evidente

ya que el ángulo cenital solar es la magnitud más determinante de los valores alcanzados por la irradiación eritémica. Por esta razón el análisis más importante de los datos de UVER aportados por el radiómetro corresponde a los valores máximos diarios.

La figura 11 es una gráfica de los valores máximos diarios de IUV, tomados como un promedio alrededor de las 13:30 hs (mediodía solar local), correspondiente al período entre solsticios verano-invierno (Diciembre 2012-Julio 2013) respectivamente. Como puede apreciarse, la envolvente de la curva en este período guarda correspondencia con la evolución de la altura solar anual. Los descensos “bruscos” de los valores de IUV corresponden a días nublados, en los que la cobertura de nubes reduce los valores de irradiación. El valor más alto de índice UV (19) se midió el 20/01/2013 al mediodía solar, aunque es un valor atípico siendo lo esperado IUV máximos alrededor de 15, indicadores de *riesgo extremo* de quemadura solar.

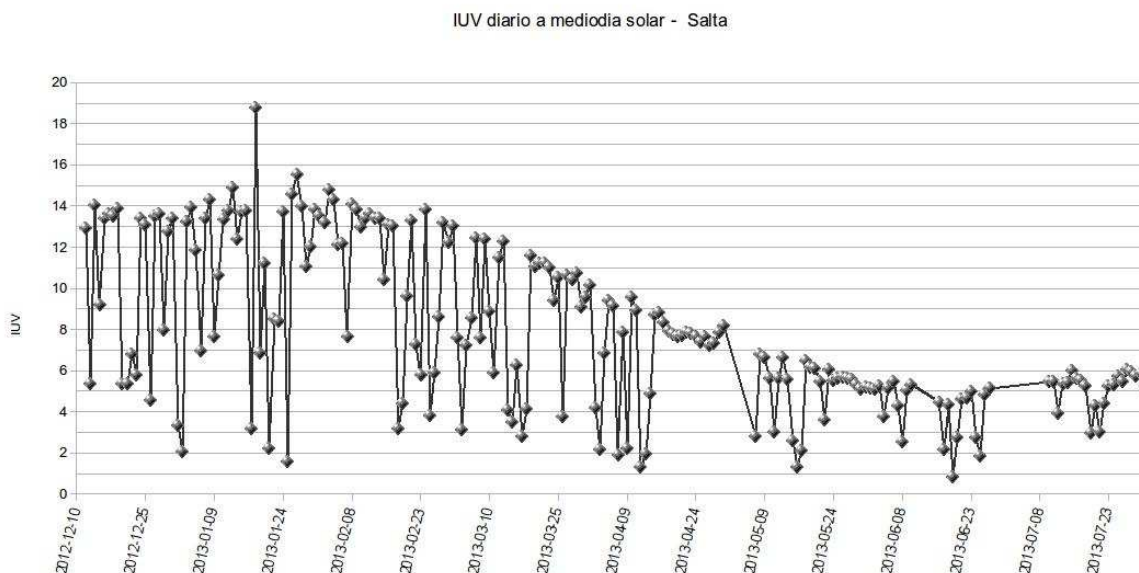


Fig.11: Índice UV en el mediodía solar entre solsticios de verano e invierno 2012-2013.

Dado que el mayor interés se centra en el período veraniego, para pesar la dimensión del riesgo solar, se realiza un histograma comparativo de frecuencias de ocurrencia de los valores clasificados de riesgo solar, para el verano, alrededor del mediodía solar y se presenta como porcentaje de días con una dada clasificación respecto del total correspondiente en la figura 12.

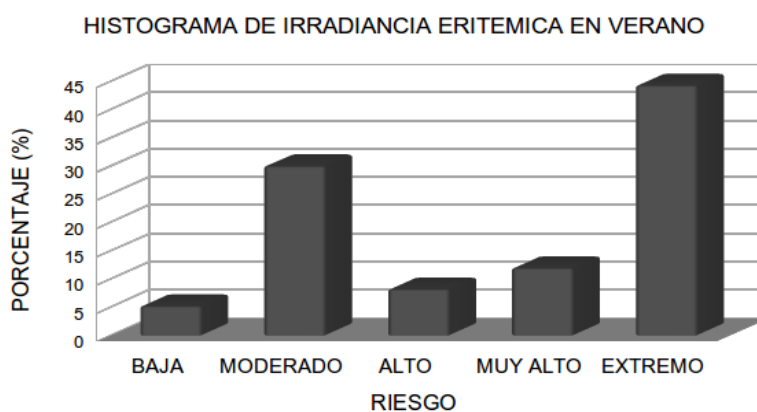


Figura 12: Histograma de ocurrencia de irradiación UVER clasificados por riesgo solar durante el verano en Salta.

De la figura 12 se observa que más del 40% de los días tienen riesgo solar *extremo* y aproximadamente el 10% con riesgo *muy alto*; los cuales integrados superan el 50%. Por tanto la población se encuentra expuesta a recibir cantidades peligrosas de radiación UVER si no se adoptan medidas de fotoprotección adecuadas.

#### ANÁLISIS DE RESULTADOS

##### Niveles de radiación ultravioleta ambiental

La intensidad del índice UV durante el cenit solar alcanza un máximo promedio de  $10.8 \pm 3.5$  ( $0.27 \pm 0.09 \text{ W/m}^2$ ) en el mes de Febrero y un mínimo de  $4.9 \pm 2.0$  ( $0.12 \pm 0.05 \text{ W/m}^2$ ) en Junio. El promedio de la intensidad mensual en la estación veraniega no mostró diferencias significativas y le corresponde la calificación de riesgo solar *muy alto*, con períodos *extremadamente altos* como se observan en los valores promedios y desviación estándar de Tabla 3. Sin embargo, en los

meses de la estación invernal se redujo alrededor de 54% el flujo UV en relación con el verano. El promedio del índice UV de Junio-Julio (invierno) durante el cenit es de  $5.0 \pm 1.5$ , en contraste con  $10.6 \pm 3.8$  de Diciembre-Febrero (verano). Estos datos se resumen en la Tabla 3.

MES	IUV promedio	Desviación estándar	Riesgo Solar
Diciembre/12	10.5	3.5	Muy alto
Enero/13	10.6	4.4	Muy alto
Febrero/13	10.8	3.5	Muy alto
Marzo/13	8.8	3.2	Muy alto
Abril/13	6.9	2.5	Alto
Mayo/13	5.1	1.5	Alto
Junio/13	4.9	2.0	Moderado
Julio/13	5.1	0.9	Moderado

Tabla 3. Promedios mensuales de Índice UV y desviación estándar correspondiente en el mediodía solar.

En la Tabla 4 se representa el IUV promedio horario durante el transcurso del día y para cada mes. Claramente se muestran las variaciones en los valores del IUV desde la salida y hasta la puesta del sol. Los valores máximos se dan en torno del mediodía solar para cada día y estos disminuyen durante la transición entre estaciones de verano e invierno.

hora	diciembre	enero	febrero	marzo	abril	mayo	junio	julio
08	0,81	0,49	0,26	0,16	0,08	0,02	0,17	0,01
09	2,56	1,84	1,27	1,09	0,70	0,37	0,51	0,29
10	5,07	4,40	3,44	3,04	2,23	1,37	1,38	1,18
11	7,95	6,64	6,38	5,85	4,34	2,74	2,45	2,48
12	10,40	8,99	8,93	7,10	6,28	4,11	3,55	3,93
13	10,50	10,95	10,09	8,92	7,20	5,05	4,27	5,06
14	10,40	11,03	9,81	8,14	6,81	4,64	4,11	5,14
15	7,34	7,84	8,11	6,89	5,36	3,75	3,19	4,27
16	5,12	5,25	6,08	4,53	3,58	2,32	1,95	2,66
17	3,20	2,91	3,53	2,17	1,65	0,97	0,87	1,18
18	1,33	1,44	1,48	0,76	0,42	0,19	0,28	0,28
19	0,43	0,39	0,45	0,13	0,02	0,00	0,00	0,00

Tabla 4 : Índice UV promedio mensual por intervalos horarios.

Una estimación del porcentaje de *dosis eritémica* que se recibe en torno a las cuatro horas alrededor del mediodía solar con respecto a la total diaria se muestra en la tabla 5. Se aprecia que en los meses de verano, aproximadamente el 60% de la dosis eritémica diaria se recibe entre las 11:30 hs y las 15:30 hs, es decir durante las cuatro horas en torno al mediodía solar local. Mientras que en los meses de invierno esa proporción alcanza aproximadamente el 70 %, aunque con valores menores de intensidad de radiación UVER. Bajo estas condiciones se recomienda evitar la exposición entre 11:00 – 16:00 hs, de no ser posible, utilizar estrategias de fotoprotección personal como el uso de gafas oscuras, sombreros, ropa que proteja brazos, piernas y cuello, así como bloqueador solar.

De la tabla 3 se observa que en el período de menor intensidad solar, que corresponde al período invernal donde el promedio de IUV presenta *riesgo moderado*, se debe guardar la precaución adecuada debido a que existen fluctuaciones apreciables (desviación estándar) que elevan el riesgo al nivel de *alto*.

Dosis erit. <sub>(11:30-15:30)</sub> / Dosis erit. <sub>total diaria</sub>	Diciembre	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio
	59%	62%	61%	63%	66%	69%	66%	69%

Tabla 5 : Porcentajes de Dosis eritémicas acumuladas durante cuatro horas alrededor del mediodía solar.

En la Tabla 6 se presentan los valores recomendados de protección solar a utilizar de acuerdo al valor de IUV al que el individuo se exponga. El factor de protección solar (FPS) necesario para mitigar los efectos dañinos de la UVER se calculó para el fototipo II de Fitzpatrick, utilizando el valor de IUV medio para cada intervalo de cálculo y los valores de tiempo de exposición para la inducción de eritema de la figura 2.

Índice UV	Riesgo Solar	FPS (tipo II)
$0 \leq \text{IUV} < 2$	Bajo	----
$2 \leq \text{IUV} < 4$	Moderado	4
$4 \leq \text{IUV} < 6$	Moderado-Alto	7
$6 \leq \text{IUV} < 8$	Alto-Muy Alto	10
$8 \leq \text{IUV} < 10$	Muy Alto	13
$10 \leq \text{IUV} < 12$	Muy alto-Extremo	16
$12 \leq \text{IUV} < 14$	Extremo	20
$\text{IUV} \geq 14$	Extremo	27

Tabla 6 : Factor de protección solar sugerido para diferentes riesgos solares (fototipo II)

## CONCLUSIONES

Dada la ubicación geográfica de Salta, altos niveles de radiación se extiende ampliamente en el tiempo. Se ha presentado un análisis de los datos experimentales de irradiación eritémica así como su evolución a lo largo del período entre solsticios. Con esto se elaboró un índice de riesgo a la exposición para individuos con fototipo cutáneo II. Registros de IUV del orden de 15 se dan durante los meses de verano, son considerados de *alto riesgo* por sobre-exposición al Sol en horas próximas al mediodía solar. También se observaron calificaciones de riesgo solar *Alto* y *Muy Alto* durante la mayor parte del período de medida. Durante los meses de diciembre, enero, febrero y marzo (verano) la UVER es *muy alta-extrema* según la clasificación de la OMS y OMM. En este intervalo, el 60% de la dosis diaria de UV se recibe entre las 11:30 hs y las 15:30 hs. Bajo estas condiciones se recomienda evitar la exposición entre 11:00 hs y las 16:00 hs, el uso de gafas oscuras, gorros o sombreros, ropa que proteja brazos, piernas y cuello, así como bloqueador solar con adecuado valor de FPS. Incluso en el período de menor intensidad solar, que corresponde al lapso de mayo-julio, la intensidad UV se considera *alta* y las recomendaciones de protección son similares.

Nuestro estudio hace evidente que Salta está expuesta de forma continua a niveles muy elevados de UV. El fototipo II presentará quemadura solar con 12-17 min de exposición en un día de verano con valores de IUV *muy altos* y *extremos* (10-14). Los factores de protección recomendados según sea el IUV se dan en Tabla 6. La difusión de este índice entre la población debe ser prioritaria en los meses de verano; ya que por cuestiones de trabajo, turismo y tiempo de ocio, la población está directamente abocada a actividades relacionadas con largas exposiciones al sol. Esto indica que deben extremarse las medidas de fotoprotección personal para evitar efectos negativos en la salud.

## AGRADECIMIENTOS

Proyecto SN07A149 “Estudio de la radiación UV eritémica incidente sobre poblaciones situadas a gran altitud en el Noroeste Argentino. Posibles estrategias de alerta a la población” financiado por la Fundación General de la Universidad de Valencia (España).

## REFERENCIAS

- Coba Luque F. (2007). Evaluación de la capacidad fotoprotectora y antioxidante de aminoácidos tipo micospolina. *Aplicaciones biotecnológicas*. Tesis Doctoral. Universidad de Málaga.
- Harrison G, Young A. (2002). *Ultraviolet radiation-induced erythema in human skin*. *Methods*. 28:14-9
- Iqbal M. (1983). *An introduction to solar radiation*. Academic Press Canada.
- Madronich S. y Flocke S. (1997). *Theoretical Estimation of Biologically Effective UV Radiation at the Earth's Surface*. NATO ASI Series, Vol. I 52. Springer – Verlag.
- McKinlay A., Diffey B. (1987). *A reference action spectrum for ultraviolet induced erythema in human skin*. *CIE Journal* 6, 17.
- Rivas M., Rojas E., Piacentini R.D. y Da Silva L. (1996). “Estudio experimental del comportamiento de la radiación solar ultravioleta en el norte de Chile”. IV Congreso Internacional de Ciencias de la Tierra, Santiago, Chile.
- Rollano F. (2003). *Radiación Ultravioleta y la piel*. La radiación Ultravioleta en Bolivia, 57-75.
- WHO (2002). *Global solar UV index. A practical guide*. World Health Organization.
- WHO (2006) *Global disease burden from solar ultraviolet radiation*. World Health Organization. Fact sheet N°305.

## ABSTRACT

The risk of exposure to solar radiation in a region is measured by calculating the Solar UV Index Erythemic (UVI). This index rates the solar risk from *low* (0-2) to *extreme* (11 or more) according to the World Health Organization (WHO). In this paper, UVI data is measured in Salta, Argentina (24.7287 S, 65.4096 W, 1232 m), along the period December 2012-July 2013. UV radiometer erythemic (UVER) Kipp & Zonen was used. The results show high UVI values in the city of Salta around solar noon, with high values ( $5 \leq \text{UVI} < 7$ ), very high ( $7 \leq \text{UVI} < 11$ ) and extreme ( $\text{UVI} \geq 11$ ). Furthermore, risk exposure times are calculated for phototype II and Sun Protection Factor (SPF) recommended according to risk category.

**Keywords:** UV radiation, UV Index, radiometer, erythema.