

COMPARACION DEL RIESGO SOLAR UV EN LA PUNA Y SALTA CAPITAL

Suárez Héctor - galosuarezh@gmail.com

UNSa, Avda. Bolivia 5150, A4408FVY, Salta Capital, Argentina.

INENCO, Avda. Bolivia 5150, A4408FVY, Salta Capital, Argentina. Departamento de Física – Facultad de Ciencias Exactas — UNSa C.P. 4400 – Salta

Acosta Delicia –acostadely@gmail.com

UNSa, Avda. Bolivia 5150, A4408FVY, Salta Capital, Argentina

INIQUI,-Facultad de Ingeniería-UNSa

Cadena Carlos–cadenacinenco@gmail.com

Castillo Juan –castillojmc@gmail.com

Salazar Germán –germansalazar.ar@gmail.com

UNSa, Avda. Bolivia 5150, A4408FVY, Salta Capital, Argentina.

INENCO, Avda. Bolivia 5150, A4408FVY, Salta Capital, Argentina. Departamento de Física – Facultad de Ciencias Exactas — UNSa C.P. 4400 – Salta

Resumen. Se presentan comparaciones de radiación eritémica (UVER) instantáneas (sobre superficie horizontal) y dosis acumuladas. Fueron medidas en una localidad de la PUNA y en la ciudad de Salta. Se relevaron datos del año 2013 hasta agosto del 2015. Se compararon las características básicas de las variables medidas en las diferentes estaciones del año: valores picos, variaciones, promedios diarios mensuales, frecuencia de ocurrencia y categoría de riesgo solar UV. Las mediciones se realizaron cada minuto y se almacenaron con equipo automático de toma de datos. Se encontraron elevados máximos de Índice Ultravioleta (IUV) y dosis acumuladas de radiación eritémica (SED), en la PUNA 18 IUV y 98 SED mientras que en Salta Capital 15 IUV y 78 SED. Se encontró que las dispersiones son mayores en la ciudad de Salta. En verano la frecuencia de ocurrencia de riesgo extremo alcanza el 96% en la PUNA y el 45% en Salta Capital. Durante las otras estaciones del año, los IUV en la PUNA son superiores a los de la ciudad de Salta.

Palabras clave: Radiación solar, índice UV, eritema, Puna

1. INTRODUCCIÓN

Durante el transcurso de cada hora y a lo largo del día se pueden observar importantes variaciones de temperatura (T), humedad relativa (HR), irradiación global (G) y UVER, debido a la variabilidad meteorológica propia de cada día y de las diferentes estaciones del año. Los factores atenuantes de la radiación son: el *ozono atmosférico* que absorbe el UVC y la mayor parte del UVB, por lo tanto, a la superficie terrestre llega radiación UV compuesta por UVA y solo una pequeña parte de UVB; la *masa de aire* que varía con la posición del sol en el firmamento, descrita por el ángulo cenital o su complementario (altura solar), su valor depende además de la latitud, estación del año y hora; la *altitud respecto al nivel del mar* debido a que la cantidad de absorbentes en la atmósfera decrece con la altura; las *nubes*, cuya atenuación depende del grosor y tipo; el *polvo* y la *reflexión* que depende de las propiedades de la superficie (Zaratti, 2006).

El Noroeste argentino posee regiones cuya altura sobre el nivel del mar supera los 3500 m, allí el clima crea condiciones para que la radiación solar global y eritémica presenten valores altos; debido a la baja atenuación atmosférica (efecto de altura) y la baja nubosidad (efecto del clima). Esta irradiación elevada está presente a lo largo de casi todo el año (Blumthaler et al., 1997). En la región de PUNA el polvo es apreciable debido a los frecuentes vientos y la reflexión se incrementa debido a la salinidad del suelo y a la casi inexistente vegetación. En la ciudad de Salta la reflexión es menor.

El conocimiento de la cantidad de radiación ultravioleta que reciben los hombres, plantas y animales resulta de gran importancia para muy diversos campos de investigación (McKenzie et al., 1991). 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).

Resulta de interés conocer las variaciones de los niveles de riesgo solar para emplazamientos en diferentes alturas y condiciones climáticas. Esto debido a que por diferentes razones las personas pueden estar expuestas a estas radiaciones y resultan necesarias realizar estrategias de foto protección preventivas.

2. LOS EMPLAZAMIENTOS: TOLAR GRANDE (PUNA) Y SALTA CAPITAL

En la Fig. 1 se puede observar una vista panorámica de ambos emplazamientos y su ubicación geográfica. Salta Capital está ubicado en el Valle de Lerma, a 1187 msnm, latitud de -24.7° y longitud de -65.4° . Es la ciudad más poblada de la provincia, con 470.000 habitantes, casi la mitad del total provincial. Tiene un clima sub tropical serrano con estación seca, con las precipitaciones (cerca de 1000 mm anuales) concentradas entre noviembre y marzo. Desde abril y

hasta octubre, salvo contadas excepciones, no llueve. Durante la época estival la temperatura media ronda los 20°C, mientras que en el invierno es un poco menor a 14°C. El emplazamiento Tólar Grande está situado en la PUNA salteña (lat: -24.6°, long:-67.4° y 3560 msnm). Cuenta con una población de 248 habitantes. Se encuentra en desarrollo el proyecto “Tolar Grande Unido para Protegerse de los Rayos UV”. A través de un acta acuerdo entre el Instituto de Investigación en Energía No Convencional (INENCO / CONICET) y dicho Municipio, se instaló una estación de toma de datos de radiación global y eritémica, además de temperatura y humedad relativa (Suárez et al, 2014).



Figura 1: Salta Capital y Tolar Grande (PUNA), vista panorámica y ubicación geográfica.

3. INSTRUMENTOS Y METODOLOGIA DE MEDICION

3.1 El instrumental utilizado

Los datos de radiación UVER se midieron y registraron mediante radiómetros UV-S-E-T de Kipp & Zonen y dataloggers CR1000 de la firma Campbell Scientific. Las características de los radiómetros UV-S-E-T se muestran en la Tab. 1 junto a las de los equipos de adquisición de datos utilizados. El equipo CR1000 es un instrumento robusto y versátil que está formado por un módulo de control y un panel de conexiones. La memoria RAM de 128 k almacena hasta 62000 valores, protegidos por una pila de litio que permite el registro continuo de datos. Los sensores se colocaron en el techo de la Municipalidad de Tolar Grande (Fig. 2) y en la azotea del INENCO, en el Campus de la Universidad Nacional de Salta. Ambos están conectados a la red eléctrica. La adquisición de datos se realiza cada minuto.



Figura 2: Sensores en la PUNA

Índice UV	Riesgo solar	Color
< 3	Bajo	Verde
3 - 5	Moderado	Amarillo
6 - 7	Alto	Naranja
8 - 10	Muy alto	Rojo
> 10	Extremo	Purpura

Tabla 1: Nivel de Riesgo Solar (WHO).

3.2 Determinación del riesgo solar

El espectro de acción eritémico CIE (Mc Kinlay, 1987) se utilizó para cuantificar el efecto dañino de la radiación UV sobre la piel. Se empleó como un peso dependiente de la longitud de onda para la irradiancia espectral UV; integrando sobre todas las longitudes de onda se encontró la irradiancia biológica efectiva en *IUV*. Los valores medidos de *IUV* permitieron calificar el nivel de riesgo solar. Las categorías de riesgo solar y la escala de colores internacional se muestran en la Tab. 1 y son recomendadas por la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2002).

Se denomina Dosis Eritémica Mínima (MED) a la acumulación de radiación que produce la respuesta biológica de formación del eritema por exposición a la UVER (Madronich y Flocke, 1997). Los diferentes individuos no presentan la misma sensibilidad a la radiación UV debido a la protección propia de la piel por pigmentación melánica (fototipos cutáneos), por eso 1 MED varía entre 200-450 J/m² (norma DIN 50-50). Para uniformizar la toma de datos y comunicación, se definió la Dosis Eritémica Estándar (SED, por sus siglas en ingles) que representa 100 J/m².

3.3 Tratamiento y presentación de datos

La recopilación de datos se realizó desde el año 2013 en la ciudad de Salta y desde Julio del 2014 hasta Agosto del 2015 en la PUNA. La forma de tratamiento y presentación de los mismos se realizó mediante un estudio comparativo entre los emplazamientos a lo largo de todo un año, tomando como referencia días típicos representativos de las diferentes estaciones. Se confeccionaron mapas de riesgo solar que se presentan clasificados por nivel de riesgo, utilizando el código internacional de colores. Un mayor detalle diario de la comparación se logró presentando gráficamente la distribución de *IUV* y riesgo solar durante los días típicos.

Es conveniente conocer los valores máximos de UVER, por sus potenciales efectos biológicos. Estos se registraron en torno al mediodía solar y se presentaron mediante gráficos de distribución anual y tablas de promedios diarios mensuales y desviación estándar para su confrontación. Para el contraste de la radiación diaria acumulada, se presentaron gráficos de su evolución en los días típicos en las distintas estaciones del año. También se mostró su distribución anual y promedio diario mensual, gráficamente y con tablas que indican su dispersión. La diferencia en la frecuencia de ocurrencia de los diferentes niveles de riesgo UV al mediodía solar, se mostró a través de sendos histogramas para la estación veraniega.

4. COMPARACION UVER PUNA-SALTA CAPITAL

Para dimensionar los altos niveles de radiación medidos en la PUNA es útil referenciarlos a otros emplazamientos y realizar comparaciones. Además de los niveles de UVER, interesan las dosis acumuladas, distribución de riesgo UV en las diferentes estaciones del año, presencia de valores atípicos en mayor o menor medida y frecuencias con que estos valores de riesgo solar suceden.

4.1 Mapas de radiación UVER

Los datos de irradiación UVER, presentados en el mapa climatológico anual se muestran en su totalidad (días claros, nublados y parcialmente nublados), para todos los días y meses del año. Para mayor practicidad en la lectura e interpretación del mapa, a los valores de IUUV se los representa en una superficie bidimensional utilizando el código internacional de colores para representar el riesgo solar. Esta forma de presentación se conoce como mosaico de riesgo solar y son muy diferentes en la PUNA y Salta Capital, según lo muestra la Fig. 3. Con el propósito de una mejor visualización y comparación el mosaico de Tolar Grande se inicia en enero del 2015 y finaliza en diciembre del 2014. El de Salta Capital transcurrió durante el año 2013.

En Tolar Grande riesgos extremos están distribuidos en extensas regiones temporales, mientras en Salta Capital esos periodos son menos frecuentes y con valores menores de IUUV. Al mediodía solar prácticamente no se presentan riesgos bajos y moderados en la PUNA, mientras que en Salta Capital se establecen en los meses de invierno. Se observa también que las amplitudes horarias de riesgo peligroso para la salud son superiores en Tolar Grande respecto a la ciudad de Salta.

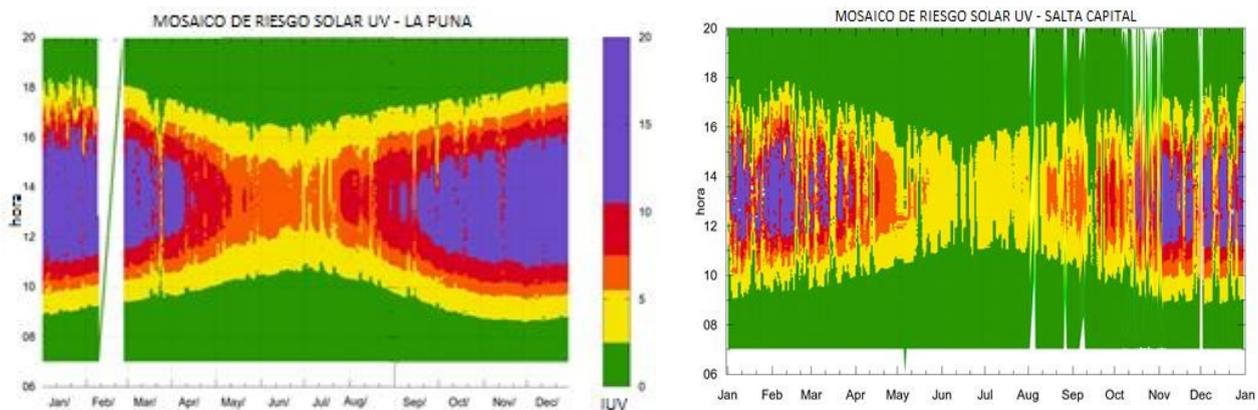


Figura 3: Mapa de riesgo solar UV en Tolar grande y Salta Capital utilizando el código internacional de colores.

En la Fig. 3, correspondiente a la PUNA, se identificaron amplias franjas horarias de riesgo extremo (color purpura) en torno del mediodía solar (alrededor de las 13:30 h local), desde el 10 de setiembre hasta el 10 de abril aproximadamente. Al principio y final de este periodo, ocurrieron durante una hora alrededor del mediodía solar, pero ya instalado el verano se dieron desde las 11:00 h y permanecieron hasta las 16:00 h. En la ciudad de Salta (Fig. 3) este riesgo se dio desde octubre a marzo, aunque con menor frecuencia y solo en espacios temporales reducidos alrededor del mediodía solar.

Índice UV muy alto (color rojo) se midió alrededor del mediodía solar desde mediados de julio hasta principios de setiembre y desde los primeros días de abril hasta los correspondientes de mayo, siempre en torno del mediodía solar; en la ciudad de Salta ocurrieron desde enero hasta abril y desde agosto hasta diciembre. Durante la temporada estival, en la PUNA, este nivel muy alto sucedió a partir de las 10:00 h en la mañana y luego de establecerse durante media hora dio paso al IUUV extremo; una distribución simétrica ocurrió por la tarde.

El riesgo moderado (color amarillo) casi no se dio al mediodía solar de la PUNA, ni siquiera en invierno donde se midieron riesgos altos. En Salta Capital este riesgo se midió en la temporada invernal. El riesgo bajo y moderado solo se midió en las primeras horas de la mañana hasta las 9:30 h en la época estival en la PUNA, en Salta Capital permanecen hasta las 10:00 h o se establecen hasta el mediodía en días nublados. En la época invernal su presencia comenzó a las 8:00 h en la mañana y permaneció hasta las 12:00 h y luego desde las 15:00 h hasta el atardecer. En Salta Capital ocurren durante toda la jornada por lo general.

Niveles de riesgo bajo en la PUNA se midieron antes de las 8:30 h y después de las 18:00 h en verano, en invierno antes de las 10:00 h y después de las 16:30 h. En la ciudad de Salta dichos valores se dieron antes de las 10:00 h y después de las 16:00 h. Todos estos valores medidos están de acuerdo a lo esperado debido a las diferencias de altura y clima de ambos emplazamientos.

4.2 Irradiación UVER en días típicos durante las estaciones del año

En la Fig. 4 se presentó la distribución diaria de radiación UVER de cuatro días claros, distribuidos a lo largo del periodo de medición para los emplazamientos PUNA y Salta Capital. Corresponden a días típicos distribuidos a lo largo del año, elegidos cerca de equinoccios (de setiembre y marzo) y solsticios (de diciembre y junio). A lo largo del día y para cada hora del mismo se pudieron observar importantes variaciones de la radiación UVER, debido a los cambios en la posición del sol (cuantificado por la masa de aire) y al clima. Para comparar, se ilustraron días de cielo claro representativos de otoño, invierno, primavera y verano en la localidad de Tolar Grande y Salta Capital. La mayor simetría de las curvas en la PUNA indicó días con ausencia de nubes, característicos de esta región. Se utilizó el código internacional de colores para una mejor visualización e interpretación de la distribución de los niveles de riesgo solar ultravioleta.

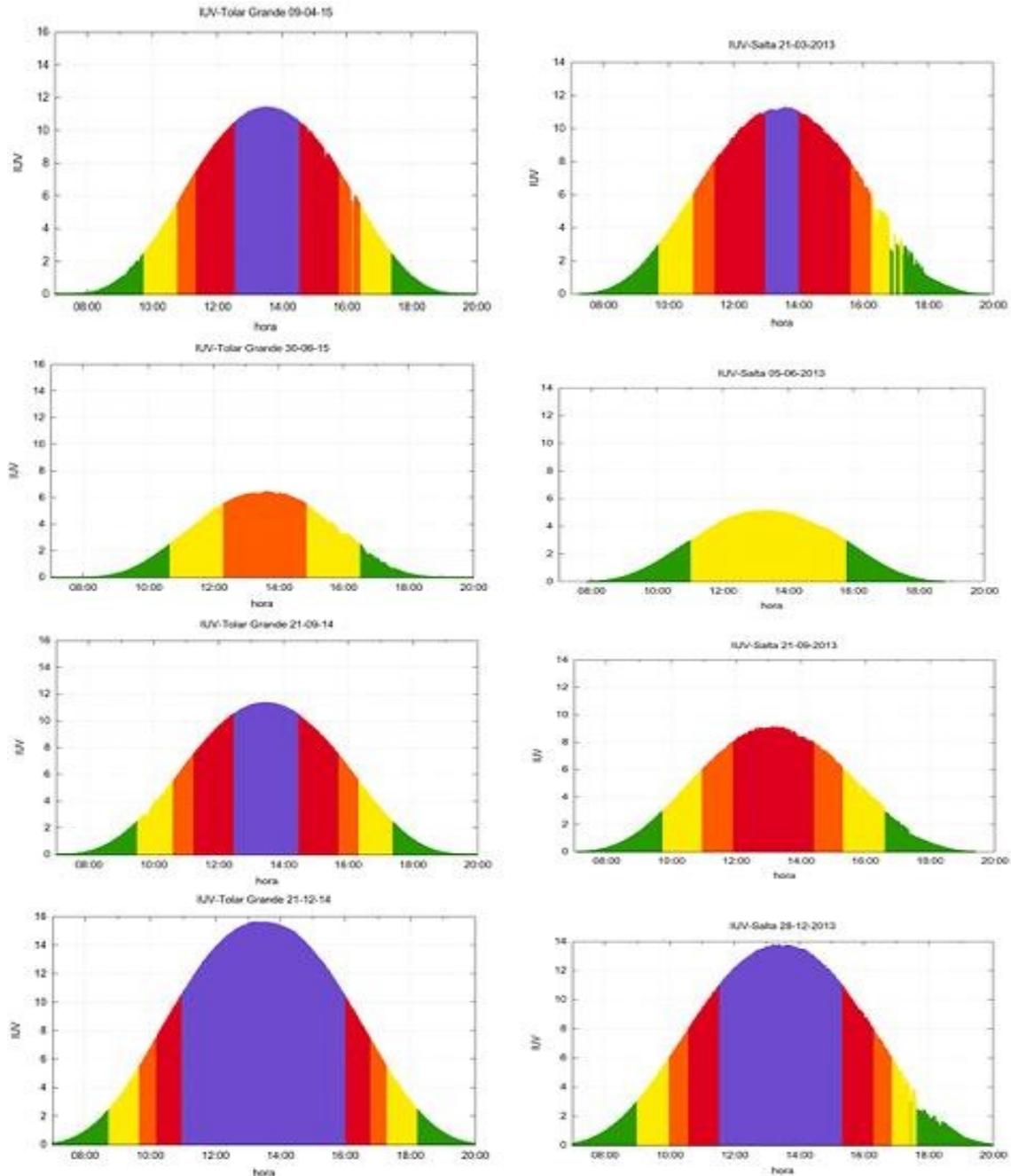


Figura 4: Distribución de IUV diario para cielo claro a lo largo del periodo de medición en Tolar Grande y Salta Capital, utilizando el código internacional de colores (OMS).

En general, a medida que avanzó la mañana, los valores de radiación solar ultravioleta eritémica fueron aumentando hasta alcanzar un máximo en torno al mediodía solar, luego disminuyeron durante las horas de la tarde hasta que se anularon desde el crepúsculo hasta el amanecer. Una primera aproximación para caracterizar el riesgo solar se realizó analizando su variación en estos cuatro días típicos. Luego se extrapoló como representativo de la variación anual de los niveles de UVER durante el día. Se observó para ambos emplazamientos, en la Fig. 4, la disminución de la intensidad UVER desde el solsticio de verano al de invierno y valores intermedios medidos alrededor de los equinoccios de primavera y otoño. Se utilizó la unidad IUV y el código internacional de colores porque ayudan a una mejor asimilación

de la información por parte de la población.

Comparando ambos emplazamientos, el día 21/12/2014 en la PUNA y al mediodía solar, el IUV alcanzó valores cercanos a 16.0 (en Salta Capital 14.0 el 28/12/13) disminuyendo hasta llegar al equinoccio con un valor IUV de 11.5 el día 09/04/2015 (28% de disminución, en Salta Capital 18% el 21/03/13). Al acercarnos al solsticio de invierno fue muy notorio su descenso, el valor máximo de IUV fue de 6.5 (60% de disminución, en Salta Capital 5.0 y 64% respectivamente). Próximos al equinoccio de primavera, al mediodía solar del 21/09/2014 el IUV fue de 11.5 (28 % de disminución, en Salta IUV= 9.3 y 34% respectivamente).

Niveles de riesgo alto, muy alto y extremo se dieron en la temporada estival desde la 9:30 h y se extendieron hasta las 17:00 h en la PUNA. En Salta desde las 10:00 h hasta las 17:00 h pero con franjas de riesgo extremo e IUV menores. En los días de primavera desde las 10:30 h hasta las 16:30 h con franja de riesgo extremo, en Salta Capital entre las 11:00 h y las 15:00 h sin riesgo extremo. En otoño esos valores ocurrieron desde las 10:30 h hasta las 16:30 h en ambos emplazamientos, prevaleciendo en intensidad UVER la PUNA. Durante la estación invernal, los valores de UVER son sensiblemente menores, aunque se midió riesgo alto entre las 12:30 h y las 15:00 h para el día testigo analizado, mientras que en Salta Capital solo se alcanza el riesgo moderado.

4.3 Radiación UVER máximas diarias y promedio mensual

Debido a los efectos biológicos de la UVER, resulta conveniente conocer sus valores máximos, tomados como un promedio en torno al mediodía solar. En general, se observó un acentuado incremento de los niveles de radiación ultravioleta durante los últimos meses de primavera, alcanzando sus niveles más elevados en los meses estivales (diciembre, enero y febrero). También se notó un descenso pronunciado en los niveles de UVER desde marzo hasta la temporada invernal, alcanzando niveles mínimos en el mes de junio (Fig. 5 y 6). Los valores máximos diarios de radiación UVER pueden llegar a variar en un factor de 2.74, razón encontrada entre los valores observados en enero y junio (IUV=17.0 y 6.2). En Salta Capital dicho factor es de 5.36 (IUV=15.0 y 2.8).

La existencia de valores atípicos se observaron por descensos o incrementos “bruscos” de IUV, correspondieron a días en los que la cobertura de nubes redujo los valores de irradiación o a una conjunción de fenómenos de reflexión que la incrementaron. Estos IUV atípicos fueron poco frecuentes en la PUNA, mientras que en Salta Capital su frecuencia es mucho mayor. Esto se debe a las condiciones climáticas diferentes de ambos emplazamientos: clima seco de montaña en Tolar Grande y templado húmedo en Salta Capital. La variación de UVER o salto UV eritémico más probable entre la temporada estival e invernal fue de 10.8 IUV y correspondió a un descenso porcentual del 63.5%. Los correspondientes en Salta Capital fueron 12.2 IUV y 81.3%. En la PUNA los máximos de IUV superaron ampliamente el umbral indicado como de *riesgo extremo* de quemadura solar.

Los promedios mensuales de máximos de radiación eritémica junto con su correspondiente medida de dispersión y clasificación según su nivel de riesgo UV, se detallaron en Tab. 2 (PUNA) y Tab. 3 (Salta Capital). Se observó que en diciembre el promedio de IUV para Tolar Grande fue 16.1, en Salta Capital, 10.5. En abril se midió una tendencia generalizada de disminución de estos promedios (influencia estacional), obteniéndose valores de IUV de 10.6 y 6.9 respectivamente. El mes de julio fue de radiación UVER mínima en la PUNA con promedios IUV de 6.5, mientras en Salta fue de 4.3 IUV en junio. En la PUNA el valor de las dispersiones no fue elevado, indicando que en general se puede tomar estos promedios mensuales de IUV como representativos de las características UVER del emplazamiento. En Salta Capital las variaciones estacionales de dispersión guardan similar comportamiento, aunque fueron considerablemente mayores.

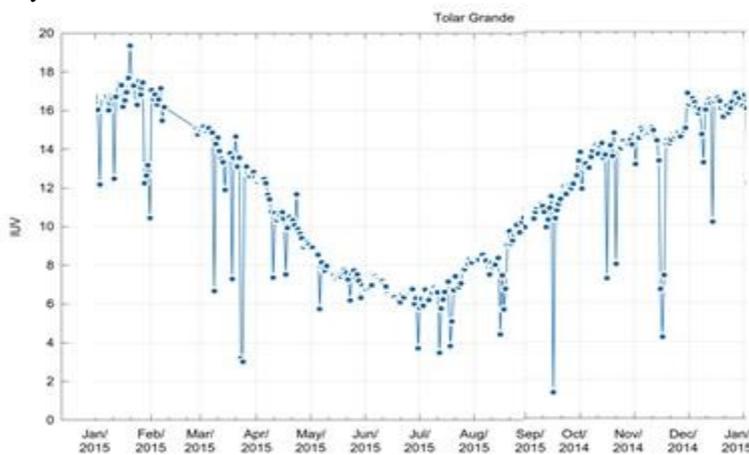


Figura 5: Radiación eritémica como IUV en el mediodía solar (setiembre/14 - agosto/15), Tolar Grande.

PUNA (Tolar Grande)

Mes	IUV _m	σ	Riesgo
ene-15	16,3	2,0	extremo
feb-15	15,8	1,9	extremo
mar-15	12,7	3,1	extremo
abr-15	10,6	1,4	extremo
may-15	7,6	0,8	muy alto
jun-15	6,7	0,5	alto
jul-15	6,5	1,2	alto
ago-15	8,6	1,4	muy alto
set-14	10,8	1,9	extremo
oct-14	13,4	1,5	extremo
nov-14	14,0	2,2	extremo
dic-14	16,1	1,0	extremo

Tabla 2: Promedios diarios mensuales de IUV, desviación estándar (σ) y riesgo solar UV en el mediodía solar, Tolar Grande.

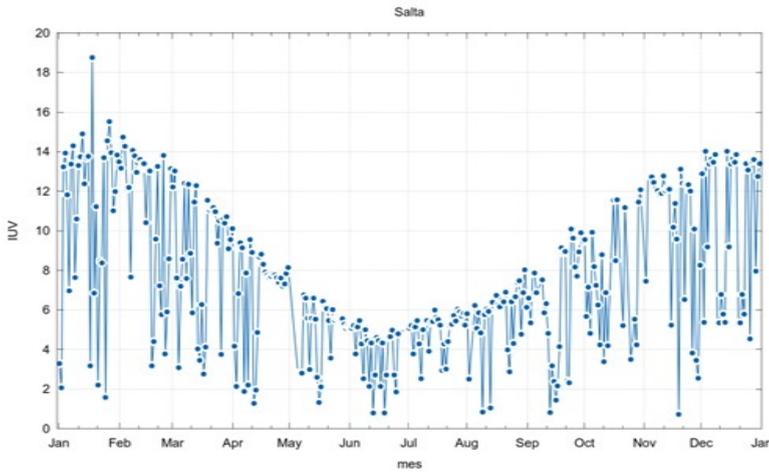


Figura 6: Radiación UVER al mediodía solar (Salta, 2013).

Salta Capital

Mes	IUV _m	σ	Riesgo
ene-13	10,6	4,4	muy alto
feb-13	10,9	3,6	muy alto
mar-13	8,8	3,2	muy alto
abr-13	6,9	2,5	alto
may-13	5,1	1,5	alto
jun-13	4,3	1,5	moderado
jul-13	5,1	0,9	alto
ago-13	5,5	1,8	alto
set-13	6,2	2,8	alto
oct-13	7,4	2,9	alto
nov-13	10,1	3,5	muy alto
dic-13	10,5	3,5	muy alto

Tabla 3: Promedios diarios mensuales de IUV, dispersión (σ) y riesgo solar UV en el mediodía solar, Salta Capital.

5. COMPARACION UVER ACUMULADA PUNA-SALTA CAPITAL

5.1 Radiación UVER acumulada en días típicos

El conocimiento de la dosis de energía eritemica por unidad de área que se recibió durante todo un día, en las diferentes estaciones de año, se obtuvo por integración de los valores medios medidos cada minuto. En la Fig. 7 se ilustró estas acumulaciones diarias para los cuatro días típicos que se analizaron en ambos emplazamientos. En la PUNA se observaron valores de radiación UVER acumulados próximos a los 90 SED el día 21/12/14, mientras que en Salta Capital 80 SED el 28/12/2013. El día 21/09/14 esta acumulación descendió a 58 SED, o sea el 36 % de reducción respecto de la máxima, en Salta 58 SED y 28% respectivamente. En otoño, el día 09/04/15 en la PUNA, lo acumulado diario fue 57 SED, 37% de reducción y en Salta 45 SED y 44% de reducción el día 21/03/13. En invierno, el día 30/06/15 la UVER acumulada llegó solamente a 30 SED en la PUNA y 23 SED en Salta Capital o sea una reducción del 67% y 71% respectivamente. La mayor velocidad de acumulación coincide con los elevados niveles de riesgo en esos espacios temporales.

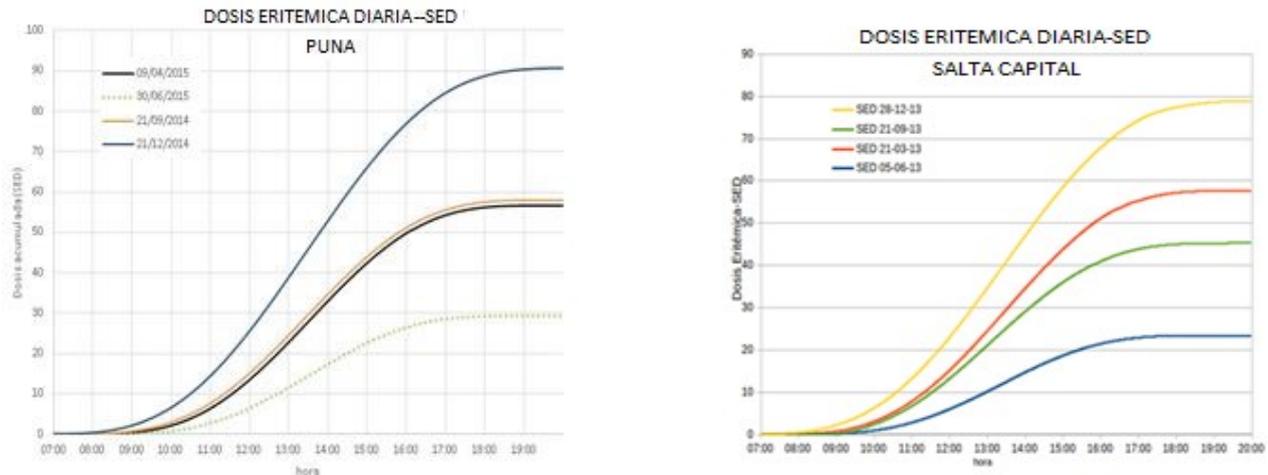


Figura 7: Dosis UVER acumuladas en PUNA y Salta Capital, para cuatro días típicos en las cuatro estaciones.

5.2 Radiación UVER acumulada diaria y promedio diario mensual

La radiación solar UVER acumulada diaria y su variación a lo largo del año en los emplazamientos PUNA y Salta Capital se ilustran en las Fig. 8 y 9, además de la promedio diaria mensual. Se consideró la influencia de todos los días, sin distinguir entre días claros ni parcial o totalmente nublados. Valores máximos de radiación UVER acumulada de 98.0 SED se registraron en el mes de enero mientras que en Salta Capital 78.0 SED en diciembre. Mínimos atípicos de 20.0 SED se midieron en el mes de julio en la PUNA y 5.0 SED en Salta en junio. Los mínimos diario promedio mensual son de 30.5 SED y 20.9 SED respectivamente. Los máximos promedio mensual fueron de 92.1 SED y 58.0 SED en enero. La razón entre máxima y mínima fue de 3.0 y 2.8 respectivamente. En la PUNA, debido al predominio

de cielos despejados, en general no se observaron valores extremos atípicos por lo que sus dispersiones son pequeñas (Tab. 4). En Salta Capital se dieron con mayor frecuencia, sobre todo en el verano con grandes dispersiones (Tab. 5). Por ejemplo, en diciembre se midieron sendas dispersiones de 4.9 y 20.0 mientras que en junio 1.9 y 6.3, indicadores de las variaciones extremas.

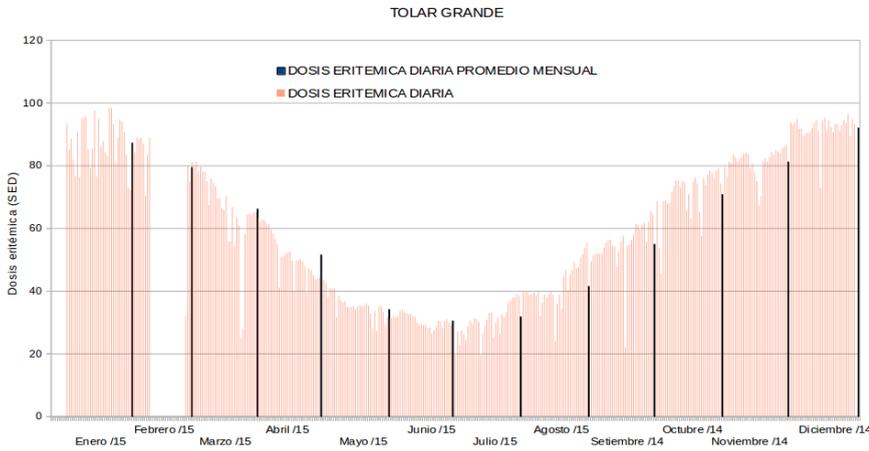


Figura 8: Distribución anual de UVER acumulada diaria y promedio diaria mensual en Tolar Grande y Salta Capital.

PUNA (Tolar Grande)

Mes-año	Dosis _m (SED)	σ
ene-15	87,2	7,7
feb-15	79,5	16,1
mar-15	66,2	13,2
abr-15	51,6	7,2
may-15	34,1	2,7
jun-15	30,5	1,9
jul-15	31,8	4,8
ago-15	41,5	6,6
sep-14	55,0	7,6
oct-14	70,8	7,6
nov-14	81,2	4,3
dic-14	92,1	4,9

Tabla 4: Dosis UVER promedio diario mensual y dispersión (σ) en Tolar Grande y Salta Capital.

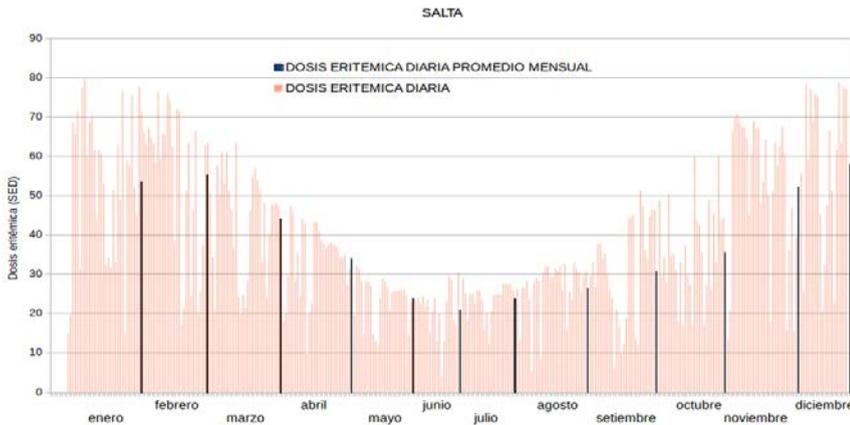


Figura 9: Distribución anual de UVER acumulada diaria y promedio diaria mensual en Tolar Grande y Salta Capital.

Salta Capital

Mes-Año	Dosis _m (SED)	σ
ene-13	53,5	19,1
feb-13	55,4	18,7
mar-13	44,1	13,6
abr-13	34,0	9,3
may-13	23,7	5,8
jun-13	20,9	6,3
jul-13	23,8	4,1
agos-13	26,4	7,0
set-13	30,8	13,1
oct-13	35,6	11,9
nov-13	52,2	18,6
dic-13	58,0	19,8

Tabla 5: Dosis UVER promedio diario mensual y dispersión (σ) en Tolar Grande y Salta Capital.

6. HISTOGRAMA DE RIESGO SOLAR

Es importante conocer los niveles de riesgo solar en el transcurso del año y su frecuencia de ocurrencia. Cuando se quiere caracterizar un emplazamiento y estudiar sus potenciales efectos dañinos por sobre-exposición se deben analizar los valores máximos diarios durante el período veraniego, donde se dan los mayores valores de radiación UVER. En la Fig. 10 se ilustra esta información para ambos emplazamientos. El histograma de los valores clasificados de riesgo solar alrededor del mediodía solar, se presenta como porcentaje de días con una dada clasificación respecto del total de días de dicha estación. En el histograma representado para la PUNA vemos la prevalencia de días con valores de riesgo solar *extremo* (96%), *altos* y *muy altos* (4%) no presentándose riesgos *moderados* ni *bajos*. En Salta Capital solo el 28% de las jornadas de verano clasifican como de riesgo *extremo* aunque con IUV menores. Las precipitaciones y cielos cubiertos que hacen que en Salta Capital el 15 % de los días de verano clasifiquen como de riesgo *moderado*. Estos valores ilustran las elevadas irradiaciones UV en la PUNA relativas a las de Salta Capital.

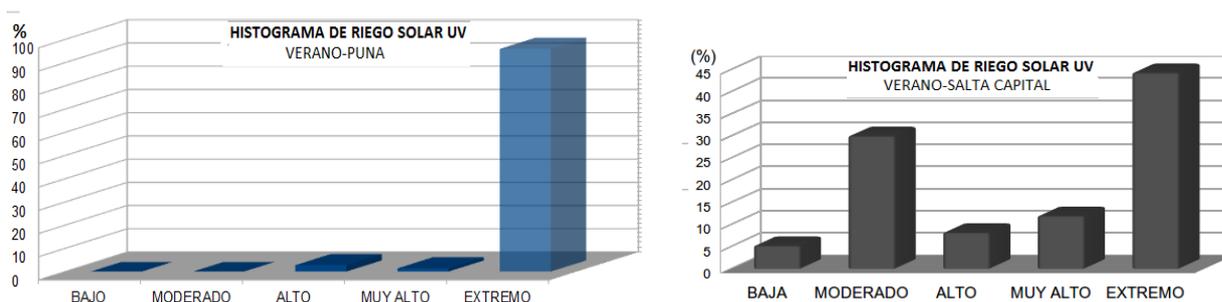


Figura 10: Histograma de riesgo solar UV, al mediodía solar, durante el verano en la PUNA y Salta Capital.

7. CONCLUSIONES

En la PUNA el riesgo *extremo* está distribuido en extensas regiones temporales, mientras en Salta Capital esos periodos son menos frecuentes y con valores menores de IUV. Al mediodía solar prácticamente no se presentan riesgos bajos y moderados en Tolar Grande, mientras que en Salta se midieron en los meses de invierno. Amplitudes horarias de riesgo peligroso para la salud son superiores en Tolar Grande respecto a la ciudad de Salta. El clima templado húmedo de Salta Capital posibilita que se den con elevada frecuencia valores de UVER con mucha dispersión; en cambio en la PUNA esas variaciones atípicas son poco frecuentes por lo estable del clima seco de altura. Las dosis acumuladas en el emplazamiento Tolar Grande son mayores a las de Salta Capital. Valores de 90 SED en PUNA-verano contra los 80 SED de Salta Capital-verano, en un día de cielo claro (11 % de diferencia). En invierno se acumulan 30 SED y 23 SED respectivamente (23 % de diferencia). Una diferencia fundamental se aprecia cuando se comparan los histogramas de riesgo solar (verano), mientras que en la PUNA prácticamente el 100 % de los casos corresponden a riesgo *extremo*, en Salta Capital los días se distribuyen en *extremos, muy altos y altos*, habiendo una apreciable ocurrencia de riesgos *moderados*.

Las dosis UVER exceden largamente el valor límite umbral (LEV) recomendado por la OMS, de aproximadamente un SED para una exposición de 8 hs en ambos emplazamientos, mucho más en la PUNA. Por lo tanto es importante adoptar medidas de protección a la exposición de la piel y los ojos a la radiación UVER. Sobre todo en las cuatro horas en torno al mediodía donde incide aproximadamente el 60% de la dosis de radiación total diaria.

REFERENCIAS

- Blumthaler, M., Ambach, W., and Ellinger, R. (1997). Increase in solar UV radiation with altitude. *J. Photochem. Photobiol. B-Biol.*, 39:130–134.
- 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.
- McKenzie R, 1991. Application of a simple model to calculate latitudinal and hemispheric differences in ultraviolet radiation. *Weather and Climate*, 11, pp 3-14
- McKinlay A, Diffey B (1987). A reference action spectrum for ultraviolet induced erythema in human skin. *CIE Journal* 6, 17.
- Suárez, H. (2010). Radiación UV e Índice Ultravioleta en Salta: Caracterización de productos de uso corriente utilizados para la protección personal. Tesis de maestría. Universidad Nacional de Salta.
- Suárez, H. et al. (2013). Medición de radiación eritémica en sitios de altura de la Provincia de Salta. ASADES.
- 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.
- Zaratti F. (2006). La radiación Ultravioleta. Un problema de salud ambiental. Bolivia.

COMPARISON OF UV SOLAR RISK IN PUNA AND SALTA CITY

Abstract: Comparisons of instant erythemal radiation (UVER) (on a horizontal surface) and cumulative doses are presented. They were measured in a town in the Puna and Salta. Data of the year 2013 were raised until August of the 2015. The basic characteristics of the variables measured in different seasons were compared: peak values, variations, monthly daily averages, frequency of occurrence and risk category solar UV. Measurements were made every minute and stored with automatic data acquisition equipment. High maximum Ultraviolet Index (UVI) and cumulative erythemal radiation dose (SED) were found in the Puna UVI 18 and 98 SED while in Salta Capital UVI 15 and 78 SED. It was found that the dispersions are higher in the city of Salta. In summer the frequency of occurrence of extreme risk reaches 96% in the Puna and 45% in Salta Capital. During other seasons, the UVI in Puna are superior to those of the city of Salta.

Keywords: solar radiation, UV index, erythema, Puna