

MEDICION DE RIESGO SOLAR EN LA PUNA Y SALTA POR DOSIMETRIA PERSONAL

Suárez H.^{1,2}, Castillo J.^{1,2}, Salazar G.^{1,2}, Acosta D.¹, Cadena C.^{1,2}, Marín M.J.³, Utrillas P.³ y Martínez L.J.A.³

¹UNSa, Avda. Bolivia 5150, A4408FVY, Salta Capital, Argentina.

²INENCO, Avda. Bolivia 5150, A4408FVY, Salta Capital, Argentina.

³Universitat de Valencia, Dr. Moner 50, 46100, Valencia, España.

Departamento de Física – Facultad de Ciencias Exactas — UNSa C.P. 4400 – Salta

Tel. 0387-4255389 e-mail: galossuarezh@gmail.com.ar

Recibido 13/08/14, aceptado 21/09/14

RESUMEN: Se utilizaron dosímetros personales digitales para medir la exposición a la radiación ultravioleta eritémica (UVER) de la población en la localidad de Tolar Grande, situada en la PUNA salteña (lat: -24.59, long:-67.40 y 3550 m.s.n.m). Estos se compararon con las mediciones realizadas en la misma fecha y horario en un sitio de la ciudad de Salta (lat:-24.78, long: -65.41 y 1232 m.s.n.m) para diferentes ocupaciones. Los dosímetros fueron diseñados y programados para dar lecturas medias, cada minuto, de radiación UV eritémica. Todos los días comparados fueron de cielo claro. Se encontró que los máximos de IUUV para superficies horizontales en la PUNA eran 20-30% mayores que en la ciudad. Se compararon las dosis acumuladas UVER y la razón de exposición (RE) durante la actividad laboral-recreativa. En ambos emplazamientos las dosis superan el *valor límite umbral* (TLV).

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

INTRODUCCION

En el transcurso de su vida, las personas en sus distintas actividades propias, se exponen a la radiación del sol por diversos motivos tales como: trabajo, receso escolar, vacaciones, actividades deportivas y de recreación. Esta radiación está compuesta por luz visible, infrarroja (IR) y ultravioleta (UV). El 80% de los efectos indeseables que origina la exposición solar se debe al espectro ultravioleta B (UVB), comprendido entre los 290 nm y 320 nm de longitud de onda. Poder conocer la dosis de exposición es fundamental ya que existe una relación directa entre su magnitud y el desarrollo de neoplasias, mutaciones, fotoenvejecimiento, inmunosupresión y cataratas. La mayoría de estos efectos dañinos a la salud se manifiestan durante la vida adulta, aunque el 80% del daño se establece durante la infancia y la adolescencia (Vanicek et al, 1999 Blumthaler et al, 1997). Los trabajadores al aire libre, los jóvenes y niños durante las vacaciones; son grupos que reciben radiación solar ultravioleta en forma regular y en dosis significativas, a menudo muy por encima de las recomendadas. Las medidas de fotoprotección personal, para ayudar a reducir la exposición a la UVER, como el uso de sombreros, ropa adecuada, protectores solares y gafas de sol no son puestas totalmente en práctica debido a falta de información y a que no existe obligación legal de controlar.

Diferentes factores medioambientales afectan la incidencia de la RUV en la piel, la hora del día, estación del año, latitud geográfica, presencia de nubes y polución atmosférica, reflexión de la radiación en el suelo, altitud, presencia de vientos, humedad y temperatura ambiente (MacKie et al, 2000). Debido a su localización geográfica, la Provincia de Salta y en particular la Puna salteña son emplazamientos que reciben dosis elevadas de radiación UV durante la mayor parte del año. Considerando estos antecedentes, los objetivos del presente estudio fueron: a) estimar la cantidad de radiación UV recibida por la población en diversas actividades y en diferentes emplazamientos de la provincia de Salta; b) identificar similitudes y/o diferencias entre los distintas actividades y emplazamientos en lo referente a dosis eritemicas acumuladas a lo largo de la jornada laboral u otra; y c) proponer medidas para reducir la radiación UV incidente sobre estos grupos.

Utilizaremos, en este trabajo, datos de monitoreo con dosímetros UV eritémicos personales, para comparar la exposición a la radiación UVER de trabajadores en dos emplazamientos bien diferenciados, en cuanto a sus condiciones meteorológicas y geográficas. La importancia de estos estudios radica en investigar las diferencias en exposiciones personales reales, en lugar de irradiación solo en un plano horizontal (Allen y McKenzie, 2005).

MATERIALES Y MÉTODOS

Medición de radiación ultravioleta eritémica ambiente

La determinación de los niveles de radiación UVER se llevó a cabo en la ciudad de Salta (Latitud: 24°43' 43" S; Longitud: 65° 24' 35" W; Altura: 1232 m.s.n.m) y en una localidad emplazada en la Puna Salteña, Tolar Grande (Latitud: 24°43' 43" S; Longitud: 65° 24' 35" W; Altura: 3550 m.s.n.m). La intensidad de la radiación UVER se determinó mediante biómetros UV-S-E-T de Kipp & Zonen y dataloggers CR1000 de la firma Campbell Scientific emplazados en el techo de un edificio de dos plantas en la Universidad Nacional de Salta (UNSa) y en la azotea del edificio municipal de Tolar Grande. Las mediciones

son expresadas en dosis eritémica estándar (SED, por sus siglas en inglés), donde $1 \text{ SED} = 100 \text{ J} / \text{m}^2$ normalizado a 298 nm, de acuerdo con el espectro de acción eritémica de la Comisión Internacional de la Iluminación (CIE) (McKinlay y Diffey, 1987). Las mediciones se hicieron a intervalos de 60 segundos durante el lapso temporal de las diferentes actividades evaluadas. La intensidad de irradiación se midió en IUUV y en W/m^2 y conforme a lo propuesto por la CIE. Estos valores se calculan por intervalo horario y durante todo el tiempo de la actividad.

La International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) (1995, 2004), en cuanto a la exposición a la UVER durante la jornada laboral recomienda un *valor límite umbral* (TLV, threshold limit values) personal de exposición a la radiación UV de $109 \text{ J}/\text{m}^2$ (1,09 SED) eritémicos efectivos para un periodo de 8 hs, de acuerdo a la escala CIE (Guies et al, 2009). Este valor de dosis diaria tiene por objetivo evitar todos los posibles efectos dañinos en la salud, no solo los eritémicos, para los que se utilizan los MED (dosis mínima eritémica) para cada fototipos de piel ($\text{MED}_I=2 \text{ SED}$; $\text{MED}_{II}=2,5 \text{ SED}$; $\text{MED}_{III}=3,5 \text{ SED}$; $\text{MED}_{IV}=4,5 \text{ SED}$).

Dosímetro personal electrónico

El dosímetro Personal UV está diseñado para permitir medir la exposición a rayos UV eritémicos en individuos seleccionados al efecto. El instrumento incluye conectividad inalámbrica, gran memoria, muy buena duración de batería, y un LED para indicar que la unidad está funcionando (Fig 1).



Fig 1: Radiómetros y dosímetro digital utilizado en el brazo para medir radiación UVER.

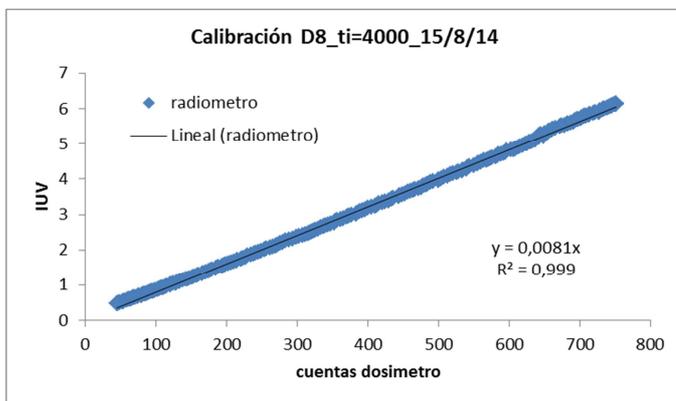


Fig 2: Calibración del dosímetro por regresión lineal.

El circuito de medición integra la señal UV durante un período de tiempo y las almacena. Este método sirve para amplificar las señales pequeñas y ampliar la capacidad de respuesta del sensor cambiando el tiempo de integración. También se almacena el voltaje de la batería y la temperatura. El intervalo entre las mediciones se ajusta individualmente para cada parámetro. El sensor está cubierto por un difusor de teflón. Un circuito integrado maneja la recepción de datos IR (infrarrojos) entrantes. Los datos se transfieren de manera inalámbrica a una base llamada *cradle* y de allí a una computadora para luego ser procesados.

La exposición UVR solar individual se midió a lo largo de un día con diferentes actividades. Los dosímetros UV fueron colocados en el brazo izquierdo y/o derecho de los sujetos de prueba. El brazo se elige por ser una posición práctica para dosimetría personal. En el brazo se recibe el 50% de la dosis UVER recibida por la cabeza, donde se dan dosis UV personales máximos (Thieden et al, 2000). El estudio diario tuvo lugar en las localidades de Tolar Grande y Salta Capital en Julio-Agosto de 2014. La posición de la cabeza recibió la dosis más alta de UV. La posición del dosímetro en el brazo es práctica y conveniente para la dosimetría personal, dando resultados fiables.

Los resultados de las mediciones se expresan en SED acumulados y como *razón de exposición (RE)*. La RE se define como la razón entre la dosis personal recibida en una parte del cuerpo y la correspondiente recibida sobre un plano horizontal para el mismo periodo de exposición. La RE permite realizar comparaciones para las diferentes actividades y duración de las mismas en las diversas ocupaciones. Los individuos portadores de los dosímetros fueron instruidos para usarlos continuamente entre las 8:00 y las 19:00 hs. Otros durante la duración de su jornada laboral (por ej. 7:00 a 13:00 hs, 13:00 a 19:00 hs)

Calibración de dosímetros

Los dosímetros UV personal utilizados en este estudio fueron calibrados por comparación con biómetros UV S-E-T de Keep & Zonen previamente contrastados con un patrón secundario en el IFIR (Instituto de Física de Rosario). Estas calibraciones, para los diferentes dosímetros que disponemos, se llevaron a cabo en días claros cerca del inicio de la campaña de medición (Julio del 2014). La variedad de ángulos cenitales solares (SZA) incluido en estas calibraciones fue similar a los que se darán durante la campaña. Los datos se registraron en intervalos de 1 min. Los dosímetros utilizan conversor AD de 10 bits por lo cual graban valores entre 0 y 1023. Estos se deben calibrar para convertirlos en medidas de radiación UVER (W/m^2 o IUUV). Se puede regular la sensibilidad variando el *ti* (tiempo de integración). Entonces un valor dado de cuentas no tiene igual significado para distintos valores de *ti*. De acuerdo a la irradiación presente, se elige el valor adecuado de *ti* para tener buena sensibilidad, sin saturar cuando se dan valores altos de radiación. Las curvas de calibración, como la de la figura 2 se

obtuvieron por regresión lineal con buenos coeficientes R^2 .

Libreta de actividades

Debido a la necesidad de tener una relación entre la dosis de radiación, el tiempo de exposición y la radiación UVER sobre los individuos, es necesario el registro detallado y cronológico de las diferentes actividades como ser: deportes, trabajo al aire libre, paseo, desplazamientos, estudio, recreo, etc. Al efecto se confeccionó la planilla que se observa en la figura 3, donde se muestra un ejemplo para su llenado. Esta planilla permite identificar las muestras por sexo, edad y ocupación, variables determinantes para cuantificar las dosis acumuladas en la jornada.

CAMPAÑA de MEDICIÓN de RADIACION UV					LOCALIDAD DE TOLAR GRANDE					Julio/Agosto 2014			N° Dosímetro:
Nombre y Apellido:					Ocupación:					Edad:			Sexo:
Día\Hora	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	Observaciones
28/07/2014													
29/07/2014													
30/07/2014													
31/07/2014	1	3	3	2	2	1	3	3	4	2	2	1	
01/08/2014													
02/08/2014													
03/08/2014													
04/08/2014													
05/08/2014													

Las actividades se clasifican de acuerdo a categorías: 1 (interior) ,2 pasivo aire libre (por ejemplo, comer, leer), 3 activo al aire libre (por ejemplo, recreo, juegos, fútbol), 4 viaje al aire libre (por ejemplo, caminar, andar en bicicleta), 5 fuera en la sombra y 6 otro.

Fig 3: Libreta de actividades en la campaña de medición de dosis UVER personales.

RESULTADOS: VARIACIÓN DE DOSIS UV Y RAZÓN DE EXPOSICIÓN EN UNA JORNADA LABORAL

Obreros municipales en tareas de recolección de residuos en Tolar Grande

La jornada laboral para el personal del municipio de Tolar Grande se inicia a las 9:00 hs y se extienden hasta las 15:00 hs. Una de las actividades es la recolección de residuos domiciliarios y limpieza de calles debido a la acumulación de arena en la acera y cordón cuneta (por las características propias del suelo y la presencia de vientos intensos con mucha frecuencia). Esta labor se lleva a cabo por un personal que se desempeña como conductor del vehículo con acoplado (tractorista) y un par de auxiliares dedicados a las tareas de recolección (recolector). Las gráficas de distribución de intensidad de radiación UVER sobre las personas se muestran en la figura 4 contrastados contra la radiación que se mide sobre una superficie horizontal para una misma ubicación geográfica y temporal.

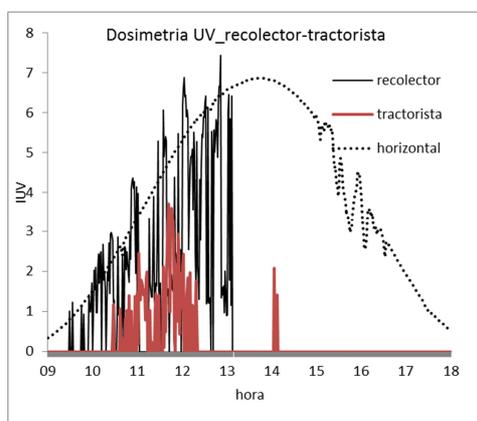


Fig 4: Radiación UVER sobre superficie horizontal y recibida en el brazo de recolector y tractorista en tareas de limpieza de calzada el día 31 de julio del 2014 en Tolar Grande, Salta.

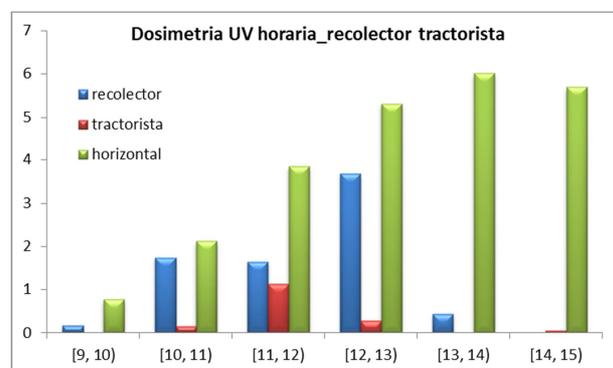


Fig 5: Distribución horaria de dosis de radiación UVER para obreros en recolección de residuos (31/7/2014, Tolar Grande)

hora	D _{recolector} (SED)	D _{tractorista} (SED)	D _{horizontal} (SED)	RE _{recolector} (%)	RE _{tractorista} (%)
[9, 10]	0,16	0,00	0,76	21,4	0,0
[10, 11]	1,72	0,15	2,12	81,0	7,0
[11, 12]	1,63	1,11	3,85	42,3	28,9
[12, 13]	3,67	0,27	5,31	69,2	5,1
[13, 14]	0,43	0,00	6,01	7,1	0,0
[14, 15]	0,00	0,05	5,69	0,0	0,9
Totales	7,67	1,62	24,09	31,8	6,7

Tabla 1: Distribución horaria de dosis y razón de exposición UVER en obreros dedicados a la recolección de residuos (31/7/2014, Tolar Grande).

Se puede observar grandes variaciones en la intensidad debido a la dinámica intrínseca de dicha tarea. Además en ciertos periodos de tiempo la radiación incidente sobre el recolector superan a la horizontal, esto se puede explicar fundamentalmente por las reflexiones del suelo y medio circundante, que son grandes. El IUV alrededor del mediodía solar indica riesgo eritémico alto.

El diagrama de barras de la figura 5 y la tabla 1 permiten visualizar la acumulación de UVER para cada hora durante la actividad desarrollada. Se observa claramente las diferencias en las dosis que recibe el tractorista (el tractor tiene un pequeño techo) y el recolector, aproximadamente 5 veces más durante la jornada. Las dosis acumuladas por el recolector (en SED) en cada hora son mucho mayores a las del tractorista siendo las RE de 31,8 % para el recolector y mucho menor, solo el 6,7 % para el tractorista. La actividad concluye alrededor de las trece donde se concentran en el establecimiento municipal hasta las 15 hs. En cuanto a la acumulación de dosis eritemicas, el valor 7,67 SED para los recolectores es 7 veces más que lo recomendado (LEV) para una jornada de 8 hs. Los RE para el recolector son elevados entre las 10 y 11 hs (RE=81%) y entre las 12 a 13 hs (RE= 69%) pero es en esta ultima hora donde la dosis es mayor (3,67 SEDs). La dosis acumulada total excede el MED para todos los fototipos cutáneos por lo que hay riesgo de quemadura y es necesaria la protección anti-UV mediante la aplicación de fotoprotectores tópicos, el uso de vestimenta y la protección ocular mediante gafas de sol apropiados. El valor total acumulado de 1,62 SED para el tractorista, indica una dosis cercana la recomendada, aunque solo analizamos una exposición de 6 hs.

Obreros de minería a cielo abierto

Algunas de las actividades rutinarias que realizan las personas que se dedican a los trabajos mineros en la zona son: *Prospección* (toma de datos de terreno y realización de planos) las campañas duran generalmente 15 días en terreno y se usa protector de sol, protector de piel, lentes, guantes, cortavientos. *Exploración*, que consiste en levantamiento Topográfico al detalle y el muestreo Geoquímico con personal de campo contratado de las Comunidades aledañas como es el caso de Tolar Grande. *Perforación diamantina y logeo de núcleos de perforación*, trabajo realizado por los geólogos (figura 6). Todo el trabajo geológico en sus diferentes etapas se desarrolla al aire libre en condiciones de radiación UV intensa, polvo con partículas que el viento arrastra de los salares, en ocasiones existe nieve; estas variables, en conjunto, pueden dañar la vista y a la piel de la cara que es la que más se expone. Las jornadas diarias son de un mínimo de 6 horas de exposición continua.



Fig 6: Obreros en actividades de minería a cielo abierto (Tolar Grande, Salta).

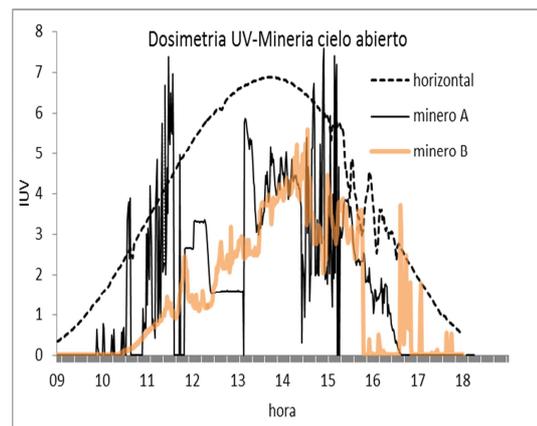


Fig 7: Radiación UVER sobre superficie horizontal y recibida en el brazo de obreros de minería a cielo abierto el día 31 de julio del 2014 en Tolar Grande, Salta.

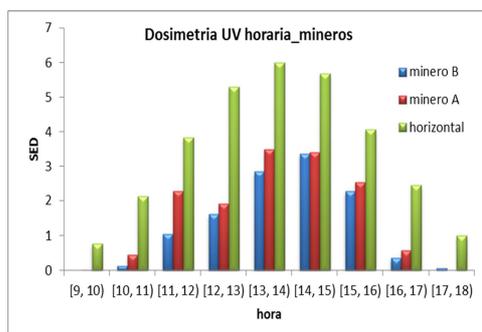


Fig 8: Distribución horaria de dosis UVER para mineros en la Puna (31/7/2014, Tolar Grande).

hora	D _{minero B} (SED)	D _{minero A} (SED)	D _{horizontal} (SED)	RE _{minero B} (%)	RE _{minero A} (%)
[9, 10]	0,00	0,01	0,76	0,0	2,0
[10, 11]	0,14	0,46	2,12	6,4	21,5
[11, 12]	1,05	2,28	3,85	27,4	59,2
[12, 13]	1,61	1,91	5,31	30,3	36,0
[13, 14]	2,85	3,50	6,01	47,5	58,3
[14, 15]	3,38	3,41	5,69	59,3	60,0
[15, 16]	2,27	2,53	4,08	55,7	62,1
[16, 17]	0,36	0,58	2,43	14,7	23,8
[17, 18]	0,07	0,00	1,00	7,3	0,0
Totales	11,92	14,88	31,78	37,5	46,8

Tabla 2: Distribución horaria de dosis y razón de exposición UVER en obreros de minería a cielo abierto (31/7/2014, Tolar Grande).

Las gráficas de distribución de intensidad de radiación UVER sobre las personas y la radiación sobre superficie horizontal se muestran en la figura 7. Se puede observar grandes variaciones en la intensidad para el obrero A, debido a la dinámica intrínseca de su tarea, en cambio para el minero B las variaciones no son tan extremas aunque acompañan a las variaciones sobre superficie horizontal. Se observa en ciertos periodos de tiempo que la radiación incidente sobre los mineros supera a la horizontal por las reflexiones del suelo y medio circundante, que son grandes. El IUV alrededor del mediodía solar indica

riesgo eritémico alto. De la figura 8 y tabla 2 se observa que las dosis acumuladas por los mineros en cada hora son elevadas, alcanzando valores de 3,5 SED entre las 13 y 14 hs para el minero A y de 3,38 SED para el minero B. La acumulación de dosis eritemicas 11,92 SEDs y 14,88 SEDs respectivamente excede en gran medida la recomendada para una jornada de 8 hs, por lo tanto este tipo de obreros, independiente del fototipo cutáneo están expuestos a peligrosos niveles de riesgo solar; por lo que se recomienda protección anti-UV mediante la aplicación de fotoprotectores tópicos, el uso de vestimenta y la protección ocular mediante gafas de sol apropiados. Los RE (37,5 % y 46,8 %) son indicadores del potencial dañino de la radiación UV. Los RE para los mineros son elevadas entre las 11 y 13 hs ($27,4 \% < RE < 30,3\%$ y $36,0 \% < RE < 59,2\%$) para los obreros A y B y muy elevadas entre las 13 y 15 hs ($47,5 \% < RE < 62,1\%$). La dosis acumulada total excede el MED para todos los fototipos cutáneos por lo que es indispensable la fotoprotección personal.

Niños de la Puna

Para el momento de la realización de esta campaña de medición de radiación UVER, los niños de la comunidad de Tolar Grande se encuentran de vacaciones, dado que tienen un régimen escolar de verano. Por lo tanto, solamente se realizó mediciones con dos niños de 10 años de edad, en actividades propias de la niñez y que ayudan a los padres, ocasionalmente, en actividades pastoriles de altura.

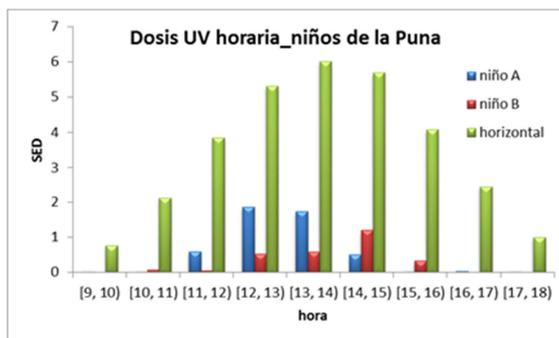
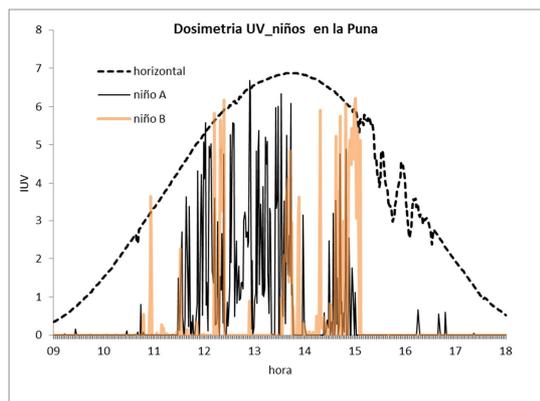


Fig 9: Radiación UVER sobre superficie horizontal y recibida en el brazo de niños el día 31 de julio del 2014 en Tolar Grande, Salta.

Fig 10: Distribución horaria de dosis UVER para niños en la Puna (31/7/2014, Tolar Grande).

hora	D _{niño A} (SED)	D _{niño B} (SED)	D _{horizontal} (SED)	RE _{niño A} (%)	RE _{niño B} (%)
[9, 10]	0,00	0,00	0,76	0,4	0,0
[10, 11]	0,02	0,08	2,12	0,8	3,7
[11, 12]	0,59	0,05	3,85	15,5	1,3
[12, 13]	1,85	0,53	5,31	34,8	10,0
[13, 14]	1,74	0,58	6,01	28,9	9,7
[14, 15]	0,51	1,19	5,69	8,9	21,0
[15, 16]	0,00	0,33	4,08	0,0	8,0
[16, 17]	0,04	0,00	2,43	1,6	0,0
[17, 18]	0,00	0,00	1,00	0,1	0,0
Totales	4,84	2,86	31,78	15,2	9,0

Tabla 3: Distribución horaria de dosis y razón de exposición UVER en niños de la Puna (31/7/2014, Tolar Grande).

La distribución de intensidad UVER sobre los niños (identificados como niño A y niño B) y la radiación sobre superficie horizontal se muestran en la figura 9. Se observan las variaciones en la intensidad para ambos niños en el transcurso de este día. De la figura 10 y tabla 3 se observa que las dosis acumuladas por los niños entre las 12 a 14 hs (1,85 SEDs y 1,74 SEDs) para el niño A y entre las 14 y 15 hs (1,19 SEDs) para el niño B son elevadas y superan el LEV. La acumulación de dosis eritemicas 4,84 SEDs y 2,86 SEDs excede la recomendada para una jornada de 8 hs, por lo tanto estos niños están expuestos a niveles elevados de riesgo solar. Los RE (37,5 % y 46,8 %) son indicadores del potencial dañino de la radiación UV. Los RE para los niños son elevadas entre las 12 y 15 hs ($21,0 \% < RE < 34,8\%$) y la dosis acumulada durante el día exceden el MED.

Obrero de una parrilla al aire libre en Salta

Se analiza la exposición a la radiación UVER de una persona que se dedica a la actividad culinaria en una parrilla al aire libre en un emplazamiento de la ciudad de Salta. La jornada transcurre desde las 9:00 hs hasta las 15:00 hs en las tareas de preparación de la mercancía primeramente, luego la cocción en la parrilla con energía obtenida a partir de la quema de carbón y finalmente la venta al consumidor final. Dos dosímetros, colocados en la posición de brazo izquierdo y derecho, miden la radiación incidente sobre esta. Los valores de energía acumulada medida en unidades SED durante este periodo (cada minuto y hora) y las RE respectivas se muestran en las figuras 11 y 12 y en la tabla 4.

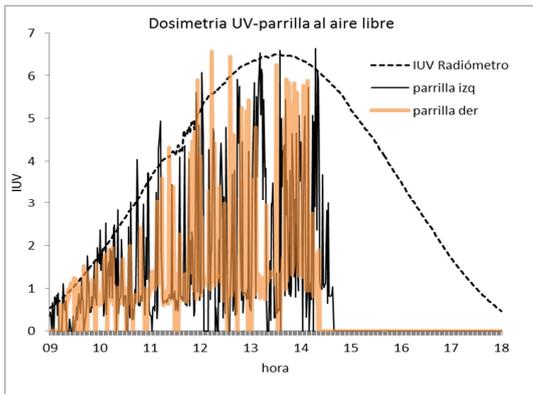


Fig 11: Radiación UVER sobre superficie horizontal y en brazo de obrero de una parrilla al aire libre (16/8/2014, Salta).

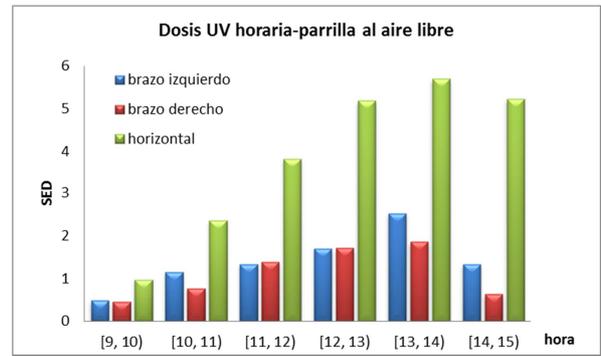


Fig 12: Distribución horaria de dosis de radiación UVER para obrero de parrillada al aire libre (16/8/2014, Salta)

hora	D _{parrilla izq} (SED)	D _{parrilla der} (SED)	D _{horizontal} (SED)	RE _{parrilla izq} (%)	RE _{parrilla der} (%)
[9, 10]	0,48	0,45	0,97	49,8	46,5
[10, 11]	1,14	0,76	2,35	48,6	32,5
[11, 12]	1,32	1,39	3,82	34,6	36,4
[12, 13]	1,70	1,71	5,18	32,9	32,9
[13, 14]	2,52	1,86	5,70	44,3	32,6
[14, 15]	1,34	0,63	5,22	25,6	12,0
Totales	8,64	6,96	23,59	36,6	29,5

Tabla 4: Distribución horaria de dosis y razón de exposición UVER en obrero de parrillada al aire libre (16/8/2014, Salta).

La parrilla mira al este por lo que en la etapa de preparación y cocción (9:00 a 13:00 hs), de la figura 11, se observa que la distribución de radiación en ambos brazos es prácticamente la misma. Durante el periodo de venta (13:00 a 15:00 hs) es el brazo izquierdo (mayormente mirando al Norte) el que más dosis recibe. De la figura 12 y tabla 4 se observa que las dosis acumuladas en cada hora son elevadas, alcanzando valores de 2,52 SED entre las 13:00 y 14:00 hs. La acumulación de dosis eritemicas de 8,64 SEDs y 6,96 SEDs exceden a la recomendada para una jornada de 8 hs, por lo tanto este tipo de obreros están expuestos a peligrosos niveles de riesgo solar y deben fotoprotgerse. Los RE (36,6 % y 29,5 %) son indicadores del potencial dañino de la radiación UV. La dosis acumulada total excede el MED para todos los fototipos cutáneos.

Obreros municipales en tareas de recolección de residuos en Salta (Cap).

La jornada laboral para estos obreros se divide en dos turnos, el turno mañana que inicia a las 7:00 hs y se extiende hasta las 13:00 hs y el turno tarde que desarrolla su labor entre las 13:00hs y las 19:00 hs. Es por esto que el análisis se realiza para cada turno independientemente. La labor de recolección de residuos domiciliarios y limpieza de calles se lleva a cabo por un personal que se desempeña como conductor del vehículo con acoplado (tractorista) y un par de auxiliares dedicados a las tareas de recolección (recolector). Las gráficas de distribución de intensidad de radiación UVER sobre las personas se muestran en las figura 13 y figura 14 para los turnos mañana y tarde, contrastados contra la radiación que se mide sobre una superficie horizontal para una misma ubicación geográfica y temporal. Se observan grandes variaciones en la intensidad debido a la dinámica de la tarea.

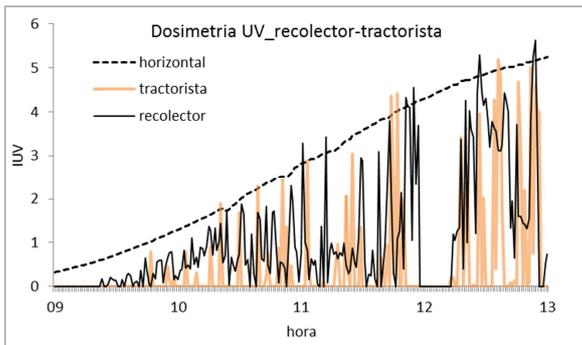


Fig 13: Radiación UVER sobre superficie horizontal y en brazo de obreros recolector y tractorista en tareas de limpieza de calzada en el turno de la mañana el día 22 de Julio del 2014 en Salta.

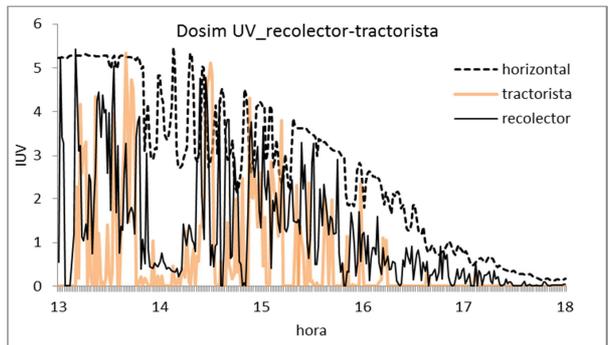


Fig 14: Radiación UVER sobre superficie horizontal y recibida en el brazo de obreros recolector y tractorista en tareas de limpieza de calzada en el turno de la tarde el día 22 de Julio del 2014 en Salta.

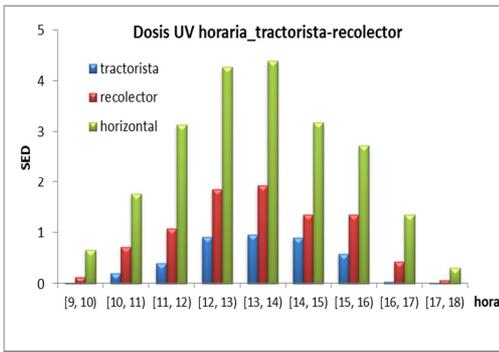


Fig 15: Distribución horaria de dosis de radiación UVER para obreros afectados a la limpieza de calzada (22/7/2014, Salta)

hora	D _{tractorista} (SED)	D _{recolector} (SED)	D _{horizontal} (SED)	RE _{tractorista} (%)	RE _{recolector} (%)
[9, 10]	0,02	0,13	0,67	3,6	19,7
[10, 11]	0,21	0,73	1,77	11,9	41,3
[11, 12]	0,40	1,09	3,15	12,8	34,6
[12, 13]	0,91	1,86	4,28	21,4	43,6
[13, 14]	0,97	1,93	4,40	21,9	43,8
[14, 15]	0,91	1,37	3,18	28,6	42,9
[15, 16]	0,59	1,36	2,74	21,7	49,7
[16, 17]	0,05	0,43	1,36	3,8	32,0
[17, 18]	0,01	0,08	0,31	3,0	26,2
Total 9-13hs	1,55	3,81	9,86	15,7	38,7
Total 13-18hs	2,53	5,17	11,99	21,1	43,1

Tabla 5: Distribución horaria de dosis y razón de exposición UVER en obreros afectados a limpieza de calzada (22/7/2014, Salta)

El diagrama de barras de la figura 15 y la tabla 5 muestra ambos turnos aunque el análisis es para cada uno. Se midieron claras diferencias en las dosis que recibe el recolector comparada con el tractorista, aproximadamente 2 veces más durante la jornada. Las dosis acumuladas por el recolector (en SED) en cada hora son mucho mayores a las del tractorista siendo las RE de 38,7 % para el recolector y menor, solo el 15,7 % para el tractorista durante el turno matutino en tanto que para el turno tarde las RE fueron de 43,1 % para el recolector y 21,1 % para el tractorista. Comparando ambos turnos se puede ver que el turno tarde es el más expuesto al riesgo solar. En cuanto a la acumulación de dosis eritémicas el recolector en el turno tarde (5,17 SEDs) es superior al del turno mañana (3,81 SEDs), ambos valores son superiores a lo recomendado (LEV) para una jornada de 8 hs. Los RE para el recolector son elevados llegando aproximadamente el 50 % entre las 15:00 y 16:00 hs. Las dosis acumuladas total excede el MED para todos los fototipos cutáneos por lo que hay riesgo de quemadura y es necesaria la protección anti-UV. De las figuras también se ve que durante la mañana el cielo estuvo claro, mientras que a la tarde se presentó con nubes transitorias.

Jóvenes en vacaciones de invierno en Salta

Durante las vacaciones de invierno en la provincia de Salta, la juventud transurre los días con mucha actividad nocturna (recreativas, reuniones de amigos, boliches, salidas nocturnas, etc.) lo que trae como consecuencias que en el horario matutino están en casa descansando y/o estudiando. Alrededor del mediodía comienzan a congregarse en espacios verdes para charlar, tomar sol y realizar otras actividades al aire libre. Esto se ve reflejado en los datos de los dosímetros personales asignados. Dentro de la variedad de actitudes, comportamientos y formas de exponerse a la radiación solar, la figura 16 muestra tres ejemplos bien diferenciados. La tabla 6 muestra además los comportamientos promedios horarios en relación a su exposición a las radiaciones UV, también se muestran las RE promedios de exposición.

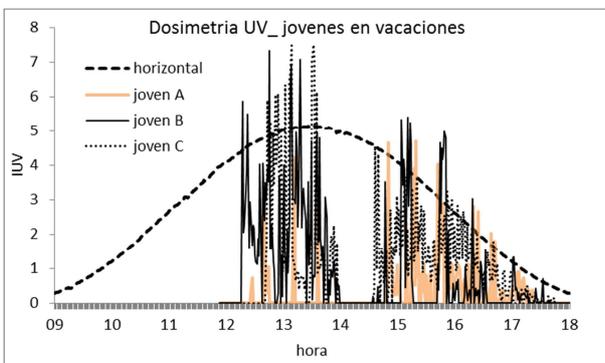


Fig 16: Radiación UVER sobre superficie horizontal y en brazo de jóvenes en vacaciones de invierno el día 17 de Julio del 2014 en Salta.

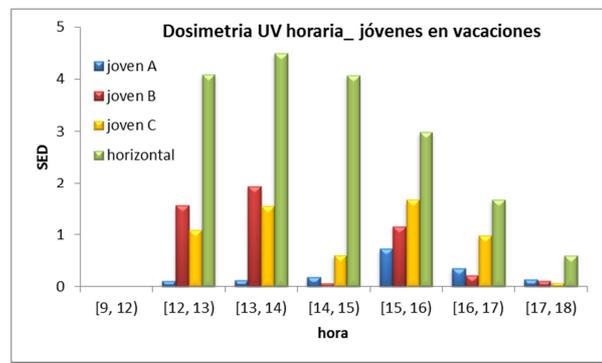


Fig 17: Distribución horaria de dosis de radiación UVER para jóvenes en vacaciones de invierno (17/7/2014, Salta)

hora	D _{joven A} (SED)	D _{joven B} (SED)	D _{joven C} (SED)	D _{horizontal} (SED)	RE _{joven A} (%)	RE _{joven B} (%)	RE _{joven C} (%)	D _{joven medio} (SED)	RE _{joven medio} (%)
[9, 12]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
[12, 13]	0,1	1,6	1,1	4,1	2,7	38,0	26,4	0,9	22,4
[13, 14]	0,1	1,9	1,5	4,5	2,6	42,7	34,0	1,2	26,4
[14, 15]	0,2	0,1	0,6	4,1	4,5	1,5	14,7	0,3	6,9
[15, 16]	0,7	1,1	1,7	3,0	24,4	38,4	55,3	1,2	39,4
[16, 17]	0,3	0,2	1,0	1,7	21,0	13,3	58,8	0,5	31,0
[17, 18]	0,1	0,1	0,1	0,6	22,1	19,2	11,3	0,1	17,5
Totales	1,7	5,1	6,0	18,2	9,1	28,0	32,9	4,2	23,3

Tabla 6: Distribución horaria de dosis y razón de exposición UVER en jóvenes en vacaciones de invierno (17/7/2014, Salta)

Las gráficas de distribución de intensidad de radiación (figura 16 y figura 17) muestran que recién tenemos incidencia UVER en este grupo después de las 12:00 hs, por ello el estudio se realiza a partir de ese momento. Se puede observar grandes variaciones en la intensidad para los jóvenes A, B y C analizados por mostrar comportamientos diferentes en cuanto a su exposición al UVER. El joven A es el que menos se expuso acumulando 1,7 SEDs, los jóvenes B y C acumularon

aproximadamente tres veces más (5,1 y 6,1 SEDs respectivamente). Todos, entre las 14:00 y 15:00 hs presentan exposiciones mínimas debido a que es el horario dedicado al almuerzo. Individualmente, las RE son grandes llegando a valores extremos de aproximadamente 60% para el joven C. Una medida más representativa es el promedio que se muestra en la tabla 6 para las dosis y RE horarios y diarios. Así, las máximas dosis promedio son de 1,2 SEDs y la RE de 39,4 % entre las 15:00 y 16:00 hs. Los totales diarios son de 4,2 SEDs y 23,3 % y son superiores a lo recomendado, presentándose riesgo de quemadura solar en los distintos fototipos cutáneos.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

La dosis de radiación UVER diaria disponible en Tolar Grande (31,24 SEDs) es un 32% más grande que la de Salta (23,66 SEDs) y su distribución horaria se observa en el diagrama de la figura 18. Las dosis personales en diferentes actividades, medidas con dosímetros también se comparan para los dos emplazamientos, dado que las actividades difieren en la duración temporal y a que tampoco hay coincidencia entre el inicio y el fin de las mismas (cuando se tratan de actividades similares), las comparaciones se realizaron entre actividades que tienen la misma duración y coincidentes su hora de inicio y finalización, aunque sean diferentes labores. Se compara un minero en una jornada de 9:00 a 18:00 hs con un obrero recolector en doble turno en el mismo horario en Salta. Las dosis que recibe el minero (14,88 SEDs) son muchísimo mayores que las del recolector en Salta (4,49 SEDs). Otra comparación se da entre un obrero recolector municipal en Tolar Grande y el trabajador de la parrilla, ambos están expuestos durante las mismas horas (9:00 a 15:00 hs), en este caso se midieron dosis de 8,64 SEDs para el parrillero contra los 7,67 SEDs que recibe el recolector. Comparando los RE, son más grandes para el parrillero (36,6 %) que para el recolector (31,8 %) lo que ratifica el hecho de que las dosis UVER personales dependen del tipo de actividad. Como se conoce que exposiciones superiores a 2 SEDs inducen eritema en personas con piel clara y superiores a 4,5 SEDs en las de piel más oscuras (fototipo IV de Fitzpatrick), una gran proporción de obreros puede haber sido quemado por el sol si no estaban utilizando fotoprotectores solares.

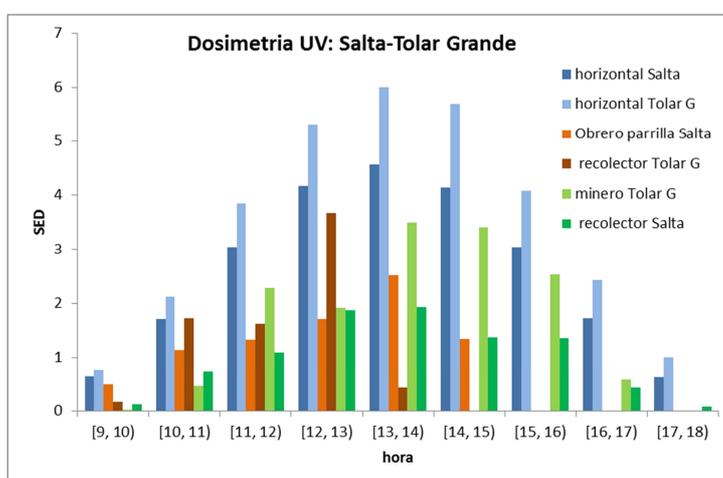


Fig 18: Comparación entre la distribución horaria de dosis de radiación UVER sobre superficie horizontal y sobre obreros en Salta y Tolar Grande.

CONCLUSIONES

La utilización de dosímetros UV eritémicos para comparar la exposición personal a la radiación UVER en dos emplazamientos diferenciados en sus condiciones meteorológicas y geográficas, resultó ser una herramienta fundamental y confiable, permitiendo investigar exposiciones personales reales, en lugar de irradiación solo en un plano horizontal. Aunque el estudio fue realizado durante la época invernal demuestra que las exposiciones al UVER, de los obreros y comunidad en general, de las poblaciones de Tolar Grande y Salta son importantes. Para todos los individuos estudiados las dosis UVER recibidas superan el valor límite umbral sugerido, algunos con valores extremadamente altos. Se midió variada distribución de exposiciones a la radiación UV de acuerdo a la actividad. Si se considera las muy altas dosis UVER ambientales y la falta de controles para minimizar la exposición, podemos decir que la población está bajo niveles altos de riesgo solar, suficientes para inducir quemaduras solares. Por lo tanto, el efecto de las exposiciones UVR acumuladas debe tenerse en cuenta y establecer compromisos que brinden protección solar y laboral teniendo en cuenta las características de los empleados, factores socioculturales, ambientales, de organización y desarrollar políticas que coadyuven a la fotoprotección tanto en el lugar de trabajo como en los recreacionales. Campañas posteriores a lo largo de todas las estaciones del año nos permitirán conocer con mayor exactitud las dosis de radiación y el potencial de riesgo solar en variadas actividades y regiones.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Gies P, Glanz K, O’Riordan D, Elliott T y Nehl E *Measured Occupational Solar UVR Exposures of Lifeguards in Pool Settings* Am J Ind Med. 2009: 645–653.
- Thieden E, Agren MS, Wulf HC. *The wrist is a reliable body site for personal dosimetry of ultraviolet radiation.* Photodermatol Photoimmunol Photomed 2000;16:57-61.
- Allen, M. y Mckenzie R. *Enhanced UV exposure on a skifield compared with exposures at sea level.* Photochem Photobiol Sc; 2005; 429-437

- Blumthaler, M., Ambach, W., and Ellinger, R. (1997). *Increase in solar UV radiation with altitude*. J. Photochem. Photobiol. B-Biol., 39:130–134.
- MacKie, R.M. (2000). Effects of ultraviolet radiation on human health. *Radiation Protection Dosimetry* 91(1-3), 15-18.
- Vanicek K., Frei T., Litynska Z., Schmalwieser A. (1999). *UV-Index for the Public. COST-713 Action Brussels*.
- McKinlay A., Diffey B. (1987). *A reference action spectrum for ultraviolet induced erythema in human skin*. CIE Journal 6, 17.

ABSTRACT

SOLAR RISK MEASUREMENTS BY PERSONAL DOSIMETRY IN THE “PUNA” AND SALTA

Personal digital dosimeters were used to measure exposure to UV erythemal radiation (UVER) of the population in the town of Tolar Grande, located in the PUNA of Salta (lat: -24.59, long: -67.40 and 3550 masl). These were compared with measurements made on the same date and time on an area in the city of Salta (lat: -24.78, long: -65.41 and 1232 masl) on different occupations. The dosimeters were designed and programmed to give average readings of UVER every minute. All the measured days had a clear sky. It was found that the maximum UVI for horizontal surfaces in the Puna were 20-30% higher than in the city. Accumulated UVER exposure and the Exposure Ratio (ER) during work and recreational activities doses were compared. In both locations the doses exceed the threshold limit value (TLV).

Keywords: UV radiation, dosimetry, UV index, radiometer, erythema.