

DOSIS UV ACUMULADA SEGÚN ACTIVIDAD LABORAL EN TOLAR GRANDE

Suárez H.^{1,2}, Castillo J.^{1,2}, Salazar G.^{1,2}, Lera H.³ y Suárez G.¹

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

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

³ Referente del municipio de Tolar Grande.

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

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

Recibido 11/09/15, aceptado 13/10/15

RESUMEN: La exposición a la radiación ultravioleta (UV) eritémica (UVER) de la población del municipio de Tolar Grande, situada en la PUNA salteña (lat: -24.59, long: -67.40 y 3560 msnm), depende de sus diferentes actividades laborales, recreativas y de formación. Para cuantificarla se utilizaron dosímetros personales digitales colocados en los brazos y programados para dar lecturas cada minuto. Se compararon dosis acumulada UVER y razón de exposición (RE), esta última definida como la relación entre la dosis en brazo y la ambiental en un plano horizontal. Las dosis superaron el valor límite umbral (TLV). La exposición al UV diaria, durante los intervalos de alturas solares considerados (9:00 hs a 18:00 hs) alcanzó valores de hasta 25,1 dosis eritémica estándar (SED). La RE máxima fue superior al 40,0% en los trabajadores mineros. En los estudiantes se midió la menor exposición (RE= 4,5%).

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

INTRODUCCION

En el transcurso de su vida, las personas en sus distintas actividades se exponen a la radiación solar UV. Poder conocer la dosis y el tiempo de exposición para formación del eritema es fundamental, ya que existe una relación directa entre su magnitud y el desarrollo de neoplasias, mutaciones, fotoenvejecimiento, inmunosupresión y cataratas (Vanicek et al, 1999 Blumthaler et al, 1997). Los trabajadores al aire libre son grupos que reciben radiación solar ultravioleta en forma regular y en dosis significativas, a menudo muy por encima de las recomendadas. La Puna salteña es irradiada con dosis elevadas de radiación UV durante la mayor parte del año. Es conveniente estimar la cantidad de radiación UV a la que está expuesta la población en diversas actividades, identificar similitudes y/o diferencias y proponer medidas para reducir su riesgo UV. La International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP, 1995 y 2004) recomienda un *valor límite umbral* (TLV, “threshold limit values”) personal de exposición a la radiación UV eritémica efectiva de 109 J/m² (1,09 SED) durante un periodo de 8 hs, de acuerdo a la escala CIE (Guies et al, 2009). Este valor límite de dosis diaria tiene por objetivo evitar todos los posibles efectos dañinos en la salud, no solo los eritémicos. El monitoreo para comparar la exposición de trabajadores en Tolar Grande, se realizó con dosímetros UVER personales. La importancia de estos estudios radica en investigar las diferentes exposiciones personales reales, en lugar de irradiación solo en un plano horizontal (Allen y Mckenzie, 2005).

TOLAR GRANDE Y SU GENTE

La Puna esta cruzada por cadenas de montañas y volcanes que pueden superar los 6000 m, con cuencas endorreicas que originaron lagunas y salares, constituyendo parches de hábitat acuático en una matriz desértica. Existen pequeños pantanos conocidos como “vegas” donde se puede desarrollar un incipiente pastoreo. Los suelos están pobremente desarrollados y la vegetación dominante se compone

de pastos y pequeños arbustos. Prácticamente los 25636 Km² del Departamento Los Andes son tierras públicas, salvo los predios ocupados por los pueblos de San Antonio de los Cobres y Tolar Grande (3560 msnm, figura 1). Este último cuenta con una población de 248 habitantes.



Figura 1: Tolar Grande y su gente.

La población de Tolar grande en su mayoría desempeña labores dependientes de la administración pública municipal (recolector de residuos, pintor, albañil, chofer, etc.), otros trabajan en establecimientos mineros o en el mantenimiento del ramal C-14 del ferrocarril. Los menos se dedican al pastoreo de hacienda autóctona en “vegas”. Existen una escuela primaria y un colegio secundario, ambos con régimen de verano. En el marco del proyecto “Tolar grande unido para protegerse de los rayos UV” se está caracterizando el lugar y las actividades de la población en cuanto a los riesgos por sobreexposición a la radiación UV (Suárez et al, 2014). Los niveles de radiación en este emplazamiento están incrementados por los efectos de reflexión, debido a depósitos superficiales de sal que se encuentran distribuidos en toda la región.

CARACTERISTICAS DEL RIESGO SOLAR EXTREMO EN TOLAR GRANDE

La distribución diaria de temperatura (T), humedad relativa (HR), irradiación global (G) y UVER como índice ultravioleta (IUV) durante el año se presentaron a evaluación en ASADES 2015 (Suárez et al, 2015). Para la determinación de las características del riesgo solar, se debieron conocer su distribución diaria y la variación anual. Un ejemplo se ilustró en la figura 3, donde se mostró los niveles de IUV el día 21/12/2014, clasificado de acuerdo al código internacional de colores para representar el riesgo solar. Al mediodía solar alcanzo valores cercanos a 16,0 IUV, estos disminuyen hasta llegar al equinoccio de otoño con un valor de 11,5 IUV (figura 4). Riesgos *alto*, *muy alto* y *extremo* se dieron en la temporada estival entre la 9:30 hs y 17:00 hs, durante gran extensión del año (Suárez et al, 2015). En la figura 4 se mostró la clasificación del nivel de riesgo solar en torno al mediodía solar, durante un año en la localidad de Tolar Grande, desde setiembre del 2014 hasta agosto del 2015. Se observó claramente los niveles peligrosos de UVER durante gran parte del año.

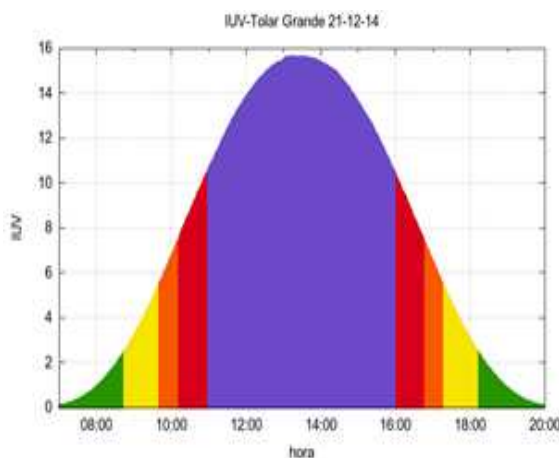


Fig 3: UVER horaria y clasificación según el código de colores de riesgo UV, Tolar-21/12/14.

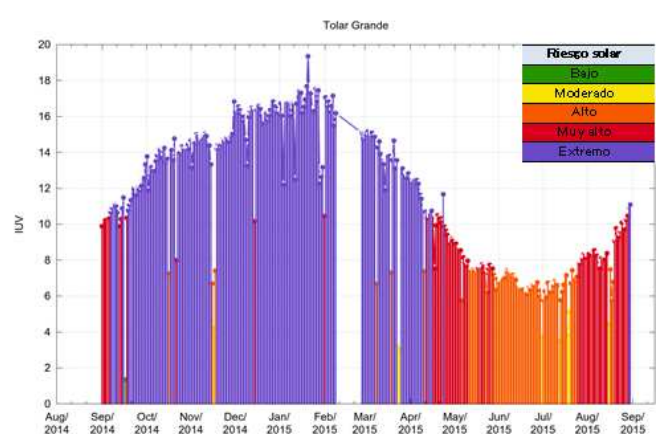


Fig 4: UVER anual al mediodía solar y código internacional de colores de riesgo UV, Tolar 2014-2015.

INSTRUMENTOS Y METODOLOGIA DE MEDICION

Para la medición de radiación solar UV eritémica, se utilizó un piranómetro modelo UV-S-E-T de la firma Kipp& Zonen y un equipo CR10X para la adquisición y acumulación de datos (Suárez et al, 2013). La evaluación de la dosis de exposición UVER en diferentes actividades se realizó con dosímetros personales UV colocados en el brazo del sujeto de prueba. Los datos se expresan en SED acumulados y como *razón de exposición*. Se obtuvieron como promedios de valores máximos de exposición y también de mínimos. La RE se definió como la razón entre la dosis personal recibida en una parte del cuerpo y la correspondiente sobre un plano horizontal para el mismo periodo de exposición. La RE permite realizar comparaciones entre diferentes actividades y duración de las mismas (Suárez et al, 2014). Los individuos portadores de los dosímetros fueron instruidos para usarlos continuamente entre las 8:00 hs y las 19:00 hs. Otros entre las 9:00 hs y las 18:00 hs y la mayoría durante la duración de su jornada laboral (por ej. 7:00 hs a 13:00 hs, 13:00 hs a 19:00 hs). Además, en planilla “ad hoc”, describen cronológicamente los detalles de su labor. Las intensidades y dosis de irradiación UVER se midieron cada minuto, en IUUV y SED respectivamente.

DOSIS UV Y RAZÓN DE EXPOSICION EN ACTIVIDADES VARIAS

En publicaciones pretéritas se presentaron estudios de exposición a la radiación UVER en algunas actividades típicas en Tolar Grande: obreros municipales en tareas de recolección de residuos, obreros de minería a cielo abierto y niños durante sus vacaciones. Estos fueron comparados con actividades similares en la ciudad de Salta (Suárez et al, 2014). Otras ocupaciones no fueron caracterizadas según el nivel de riesgo solar: obreros albañiles, pintores, operarios instaladores de adoquinado, trabajadores del ferrocarril, pastores Puneños, turistas en excursión, niños escolares y jóvenes estudiantes. Estas se detallaron a continuación haciendo uso de ilustración de la labor, diagrama descriptivo – comparativo y tabla cuantitativa de distribución diaria de riesgo UV.

Pintor Municipal en la calle

Una actividad periódica es la que realizan obreros municipales afectados a labores de pintura de postes de alumbrado de calles y frentes de fachadas, especialmente en la proximidad de encuentros: culturales, fiesta patronal del pueblo, desfile cívico militar u otra actividad protocolar que involucre responsabilidades del municipio (figura 5). En la figura 6 se mostró las dosis UV medidas en dos operarios. Se graficó la UVER incidente sobre la persona contrastados contra la radiación que se mide sobre una superficie horizontal para una misma ubicación geográfica y temporal. Durante la mañana y tarde se observaron los diferentes niveles de irradiación UVER personales y durante la hora del almuerzo ambos presentaron un nivel bajo o nulo de exposición.



Fig.5: Obrero municipal pintor y dosímetro UV, Tolar Grande-Dic 2014.

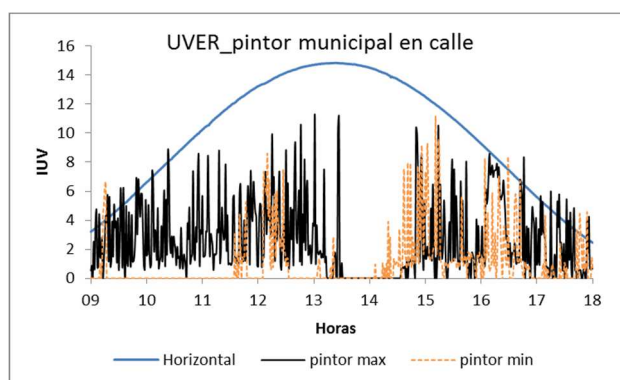


Fig. 6: UVER horizontal y en brazo, pintor municipal, Tolar Grande-3/12/14.

En la figura 7 se mostró las dosis de exposición acumuladas horarias distribuidas durante la jornada y contrastadas con las correspondientes horizontales para la mayor exposición. En la tabla 1 se presentaron los cálculos horarios y diarios junto a sus correspondientes RE. Se midieron dosis variadas, desde muy elevadas (3,6 SED) hasta menores (1,0 SED). En el promedio de casos de mayor exposición (pintor_{max}) la dosis acumulada fue de 21,0 SED aproximadamente y con una RE del 25,9%.

El de mínima que se ilustró en la figura 6 ($pintor_{min}$), tuvo una dosis acumulada de 8,0 SED con un RE del 10,0%. La dosis diaria horizontal fue de 81,0 SED.

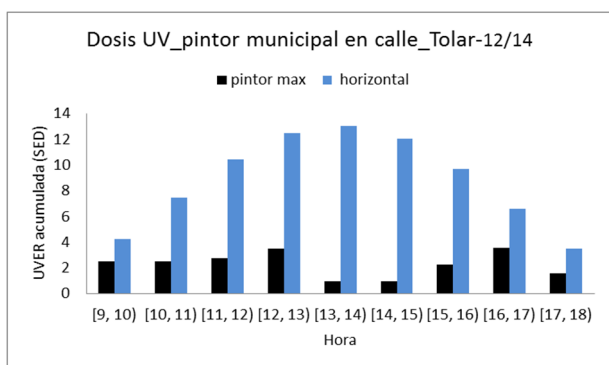


Fig. 7: Dosis UVER horaria, pintor municipal, Tolar Grande-3/12/14.

hora	Dpintor (SED)	Dhorizontal (SED)	RE (%)
[9, 10]	2,5	4,3	59,4
[10, 11]	2,5	7,5	33,6
[11, 12]	2,8	10,5	26,6
[12, 13]	3,5	12,5	27,9
[13, 14]	1,0	13,1	7,5
[14, 15]	1,0	12,1	8,3
[15, 16]	2,3	9,7	23,7
[16, 17]	3,6	6,6	54,2
[17, 18]	1,6	3,5	45,2
Totales	21,0	80,9	25,9

Tabla 1: Dosis y razón de exposición UVER, pintor municipal, Tolar Grande-3/12/14.

Obreros del Ferrocarril

El Ramal C-14 se construyó entre 1921 y 1948 para comunicar Salta con Chile a través de 571 km de vías férreas que atraviesan el Departamento Los Andes. En 1991, poco antes de la privatización del ferrocarril, existían aproximadamente 200 empleados en la empresa Ferrocarril Belgrano SA, algunos se acogieron al retiro voluntario y fue transitoriamente suspendido el mantenimiento de las vías. Entre 1992 y 1994 se aplicó una política de racionalización de personal, por lo que existen pocos empleados ferroviarios. Actualmente hay cuadrillas que se encargan del mantenimiento y reparación de este ramal. Las tareas que realizan consisten en fijación de los rieles, colocación de placas de asiento y durmientes, cambios de rieles, armado de vías, mantenimiento y colocación de grava, retiro de escombros y residuos, etc. La duración de su jornada laboral se extiende entre las 8:00 hs y 18:00 hs con paréntesis para el almuerzo. Todo el trabajo en sus diferentes variantes se desarrolla al aire libre en condiciones de: radiación UV intensa, polvo con partículas que el viento arrastra de los salares y ocasionales nevadas (figura 8). Esto puede dañar la vista y piel debido a que la cara que es la más expuesta. Las jornadas diarias tuvieron un mínimo de 6 horas de exposición continua.



Fig.8: Obreros del ferrocarril, Tolar Grande-Dic 2014.

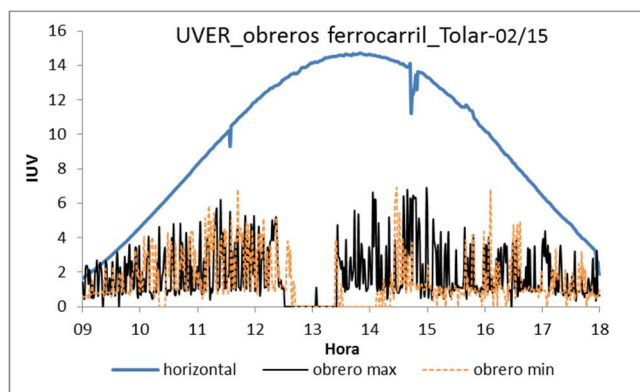
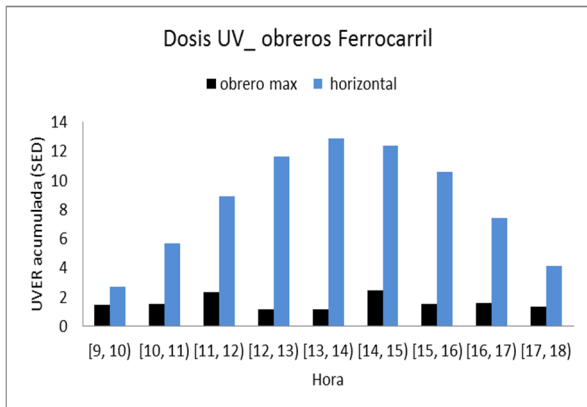


Fig. 9: UVER horizontal y en brazo, obreros ferrocarril, Tolar Grande-3/12/14.

Las gráficas de distribución de intensidad de radiación UVER sobre las personas y superficie horizontal se ilustraron en la figura 9. Se pudo observar grandes variaciones de intensidad en el obrero del ferrocarril, debido a la dinámica intrínseca de su tarea. El IUUV alrededor del mediodía solar indicó riesgo eritémico *extremo*. De la figura 10 y tabla 2 se observa que las dosis acumuladas por los ferroviarios en cada hora son elevadas, alcanzando valores de 2,5 SED entre las 14:00hs y 15:00hs para el *obrero_{max}* y de 1,3 SED para el *obrero_{min}*. La acumulación de dosis eritemicas 14,9 SED y 11,8 SED respectivamente exceden en gran medida el TLV recomendado para una jornada de 8 hs. Estos obreros, independiente de su fototipo cutáneo, estuvieron expuestos a peligrosos niveles de riesgo solar. En consecuencia, se recomienda protección anti-UV mediante la aplicación de fotoprotectores tópicos, el uso de vestimenta adecuada y protección ocular mediante el uso de gafas de sol apropiadas.

Las RE totales (19,2 % y 15,3 %) indicaron el potencial dañino de la radiación UV. Las RE horarias fueron elevadas entre las 9:00 hs y 12:00 hs y entre las 14:00 hs y 18:00 hs (26,4% < RE < 54,3% y 20,0 % < RE < 32,3%); entre las 12:00 hs a 14:00 hs (9,2% < RE < 9,9%) fueron bajas debido al descanso para almorzar. La dosis acumulada total excedió largamente el MED (dosis eritémica mínima) para todos los fototipos cutáneos, por lo que es indispensable la fotoproteccion personal. En la tabla 2 solo se mostró los valores medios del obrero más expuesto, distribución horaria y total diario de dosis UV y RE durante la jornada. La dosis horizontal diaria total fue de 77,4 SED.



hora	Dferro (SED)	Dhorizontal (SED)	RE (%)
[9, 10)	1,5	2,7	54,3
[10, 11)	1,5	5,7	27,0
[11, 12)	2,4	8,9	26,4
[12, 13)	1,2	11,6	9,9
[13, 14)	1,2	12,8	9,2
[14, 15)	2,5	12,4	20,0
[15, 16)	1,6	10,5	14,7
[16, 17)	1,6	7,4	21,3
[17, 18)	1,3	4,1	32,3
Totales	14,9	77,4	19,2

Fig. 10: Dosis UVER horaria, obrero ferrocarril, Tolar Grande-10/2/15.

Tabla 2: Dosis y razón de exposición UVER, obrero ferrocarril, Tolar Grande-10/2/15.

Obreros colocadores de adoquines

Los adoquines son un material paisajístico utilizado para la pavimentación de calzadas, aceras y patios. Para que una superficie adoquinada sea de larga duración debe estar bien construida. El material de base es la grava, por ser flexible y permitir colocar adoquines sin mortero para que el agua drene. Por encima de la base de grava se coloca el lecho de arena. La arena llena los vacíos en toda la base compactada y proporcionar una superficie plana para la colocación de adoquines. Los bordes afilados de la arena gruesa proporcionan tracción para que los adoquines no se deslicen. Una vez que los adoquines se colocan en la cama se debe rellenar las juntas con arena de albañilería de grano fino para darles soporte adicional. En esta figura 11 se aprecia además la fotoproteccion utilizada por los obreros, consistente en vestimenta (capucha, gorra y abrigo de manga larga que cubre el cuerpo totalmente) y gafas de sol. La jornada se desarrolló en doble turno: durante la mañana de 7:00 hs a 12:00 hs, almuerzo de 12:00 hs a 13:00 hs y el turno tarde entre las 13:00 hs y 19:00 hs.



Fig.11: Obreros adoquineros, Tolar Grande-Dic 2014.

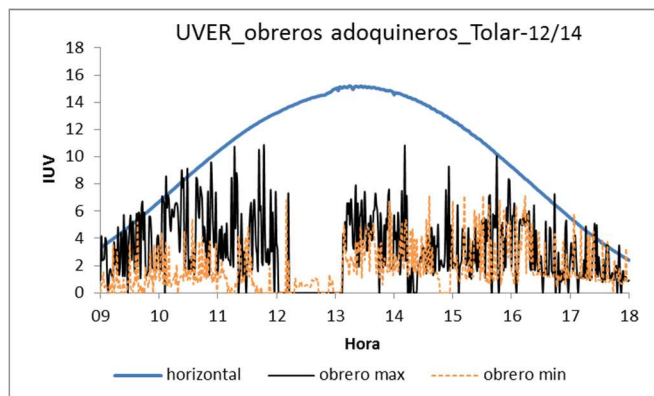


Fig. 12: UVER horizontal y en brazo, obreros adoquineros, Tolar Grande-1/12/14.

La distribución de irradiación UVER sobre los obreros y superficie horizontal se mostró en la figura 12. Se pudieron observar las exposiciones para el obrero adoquinero durante su dinámica laboral. Valores de IUV alrededor del mediodía solar indicaron riesgo eritémico *extremo*. De la figura 13 y tabla 3 se observó que las dosis acumuladas en cada hora son elevadas, alcanzaron valores de 4,5 SED entre las 10:00 hs y 11:00 hs. Durante la tarde se midieron 3,3 SED entre las 15:00 hs y 16:00 hs para el obrero_{max} (obrero_{min} ; 2,5 SED). La acumulación de dosis eritemicas de 25,1 SED (obrero_{min} ; 14,1

SED) excedió en gran medida el TLV recomendado para una jornada de 8 hs, por lo tanto se concluyó que estos obreros estuvieron expuestos a peligrosos niveles de riesgo solar. Los RE totales (30,8 % y 17,3 %) fueron indicadores de la exposición dañina a la radiación UV. Los RE horarios fueron muy elevados entre las 9:00 hs y 12:00 hs y entre las 13:00 hs y 18:00 hs (33,8% < RE< 63,9% y 27,2 % < RE< 47,4%). Fueron bajos entre las 12:00 hs y 13:00 hs debido al descanso para almorzar. La dosis acumulada total excedió largamente el MED para todos los fototipos cutáneos. Solo se mostró en tabla 3 los valores del obrero más expuesto: la distribución horaria y total diario de dosis UV y RE durante el transcurso de la jornada laboral. La dosis horizontal diaria fue de 81,6 SED.

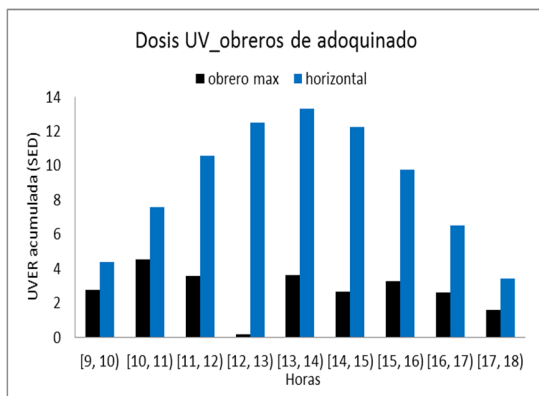


Fig. 13: Dosis UVER horaria, obrero adoquinero, Tolar Grande-1/12/14.

hora	Dobrero (SED)	Dhoriz (SED)	RE (%)
[9, 10]	2,7	4,4	62,9
[10, 11]	4,5	7,6	59,6
[11, 12]	3,6	10,6	33,8
[12, 13]	0,2	12,4	1,3
[13, 14]	3,6	13,3	27,2
[14, 15]	2,7	12,2	21,8
[15, 16]	3,3	9,8	33,4
[16, 17]	2,6	6,5	39,9
[17, 18]	1,6	3,4	47,4
Totales	25,1	81,6	30,8

Tabla 3: Dosis y razón de exposición UVER, obrero adoquinero, Tolar Grande-1/12/14.

Estudiantes del nivel secundario y primario

Los estudiantes de la Unidad Educativa N° 4622 “Manuela Martínez de Tineo”, cumplen con régimen escolar de verano, por lo que el período lectivo comienza el 24 agosto y culmina el 25 de mayo del año siguiente. Los maestros y profesores dictan clases con modalidad itinerante, contando con un albergue acondicionado. Además de la alfabetización y formación básica, otro de los objetivos de la institución es evitar que los lugareños emigren. El edificio escolar es amplio y cuenta con un playón cubierto para el desarrollo de: talleres, actividades físicas y de recreación. Las clases para los estudiantes primarios se desarrollan en el horario de 9:00 hs a 16:30 hs, mientras que el colegio secundario imparte enseñanza desde las 14:00 hs a 21:00 hs en las mismas instalaciones. Durante la mañana los escolares tienen clase formal y por la tarde desarrollan talleres (figura 14). Los estudiantes secundarios tienen actividades de acuerdo a disponibilidad docente itinerante, pero completan diariamente las 4 hs efectivas de clase. El número de alumnos inscriptos en la primaria es de 36 y en el colegio secundario 22, algunos de estos últimos son adultos. La comunidad educativa participa del proyecto “Tolar Grande unido para protegerse de los rayos UV”.



Fig.14: Estudiantes primarios, Tolar Grande-Dic 2014.

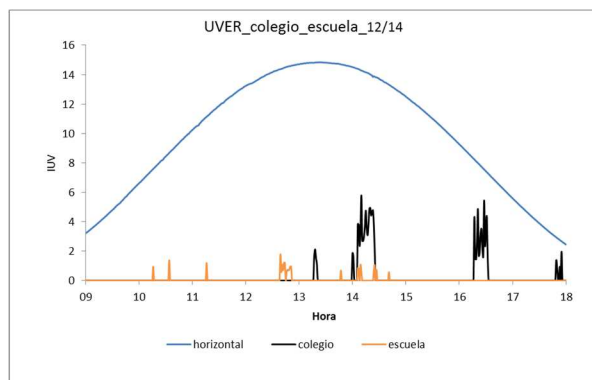
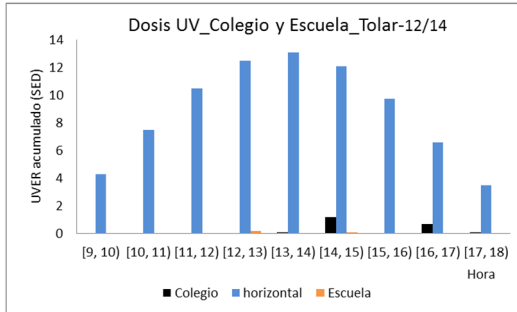


Fig. 15: UVER horizontal y en brazo, estudiantes, Tolar Grande-12/14.

La distribución de irradiación UVER en los estudiantes y superficie horizontal se ilustraron en la figura 15. Se observaron exposiciones mínimas en los estudiantes primarios y más apreciables en los secundarios, durante las horas de clase. Valores de IUV horizontal alcanzaron riesgo *extremo*

alrededor del mediodía solar. De la figura 16 y tabla 4 se observó que las dosis acumuladas en cada hora son mínimas, alcanzando valores máximos de 0,2 SED entre las 10:00 hs y 11:00 hs, por la tarde en el secundario se midieron 1,2 SED entre las 14:00 hs y 15:00 hs. La acumulación de dosis eritémicas diaria fue de 0,3 SED y 2,1 SED respectivamente, excediendo los estudiantes secundarios el TLV recomendado por la WHO. Los RE totales (4,5 % y 0,5 %) fueron indicadores de la poca exposición la radiación UV durante la actividad escolar.



hora	Dcolegio (SED)	Descuela (SED)	Dhorizontal (SED)	REcolegio (%)	REescuela (%)
[9, 10]		0,0	4,3		0,0
[10, 11]		0,0	7,5		0,5
[11, 12]		0,0	10,5		0,2
[12, 13]		0,2	12,5		1,4
[13, 14]	0,1	0,0	13,1	0,7	0,1
[14, 15]	1,2	0,1	12,1	9,7	0,8
[15, 16]	0,0	0,0	9,7	0,0	0,0
[16, 17]	0,7		6,6	10,5	
[17, 18]	0,1		3,5	2,2	
Totales	2,1	0,3	80,9	4,5	0,5

Fig. 16: Dosis UVER horaria, estudiantes, Tolar Grande-12/14.

Tabla 4: Dosis y razón de exposición UVER, estudiantes, Tolar Grande-12/14.

Turista en excursión de altura

Las excursiones generalmente tienen una duración de tres días, con dos noches en Tolar Grande. Se inician en San Antonio de los Cobres y continúan hacia el sudeste con destino Tolar Grande. Los vehículos que circulan son pocos, básicamente camiones y camionetas mineras. En Alto Chorrillo se alcanzan los 4560 msnm, luego se llega a Pocitos y se atraviesa el salar del mismo nombre. Los paisajes sorprenden.



Fig.17: Excursionista en el Cono de Arita, Tolar Grande. Diciembre 2014.

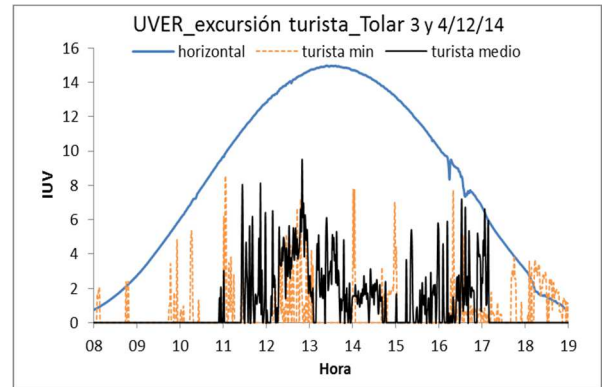


Fig. 18: UVER horizontal y en brazo, excursionista, Tolar Grande-3 y 4/12/14.

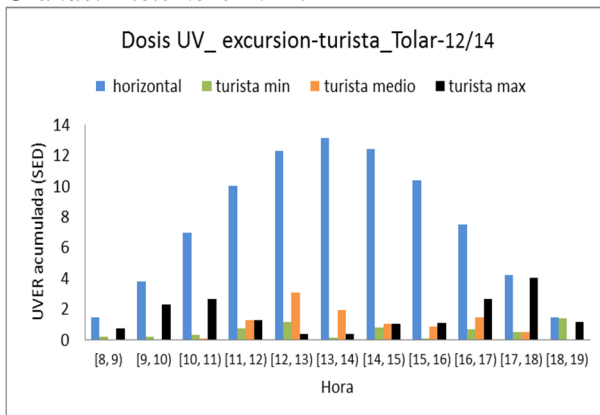


Fig. 19: Dosis UVER horaria, excursionista, Tolar Grande-12/14.

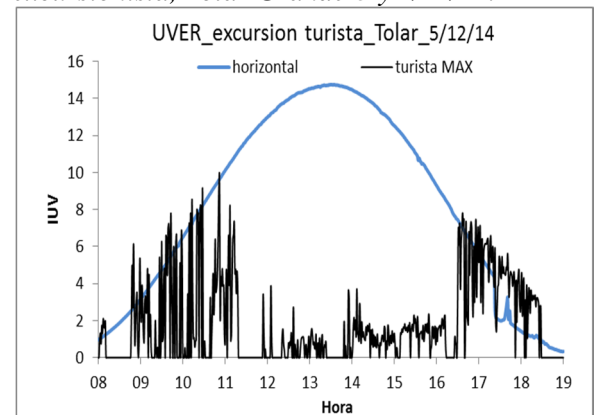


Fig. 20: UVER horizontal y en brazo, excursionista, Tolar Grande-5/12/14.

Luego se supera la Cuesta de las 7 Curvas y se recorre el Desierto del Diablo, de tonos rojizos que dan la impresión de estar en otro planeta. Alrededor de las 18:00 hs se llega a Tolar Grande donde se pasa la noche. El día siguiente y el tercero, se visitan los atractivos principales de esta región: el Cono de Arita (figura 17) en pleno salar de Arizaro (segundo Salar más grande del mundo), Ojos de Mar; Volcán Llullaillaco, Túnel del Hombre Muerto, etc. Los recorridos se realizan en camionetas 4x4, con descenso y caminatas en los lugares de interés.

Para determinar las dosis eritémicas incidentes en las personas, turistas y guías, se colocaron dosímetros a excursionistas que realizaron el recorrido. La distribución de irradiación UVER en los excursionistas y sobre superficie horizontal se mostró en las figuras 18 y 20. Se pudieron observar variaciones en las exposiciones durante los diferentes días, debido a la dinámica de la excursión. El riesgo eritémico fue *alto-extremo* entre las 10:00 hs y las 17:00 hs. De la figura 19 y tabla 5 se observó que las dosis acumuladas en cada hora fueron elevadas, alcanzando valores de 3,1 SED entre las 12:00hs y 13:00hs, por la tarde se midieron 4,03 SEDs entre las 17:00hs y 18:00hs. La acumulación de dosis eritémicas máxima diaria fue de 18,0 SED (10,4 SEDs otro día), excediendo con creces lo recomendado por WHO (≈ 1 SED). Por lo tanto estos excursionistas estuvieron expuestos a peligrosos niveles de riesgo solar. Los RE totales (21,9% y 12,2%) fueron indicadores de la exposición dañina a la radiación UV. Los RE para los excursionistas se distribuyeron diferente según fuese la actividad realizada: a veces fueron muy elevados hasta las 11:00hs y después de las 16:00hs, otras al mediodía solar. La dosis acumulada durante los tres días (41,0 SED) excedió largamente el MED para todos los fototipos cutáneos. Las dosis UVER horizontal estuvieron entre los 82,2 SED y 85,0 SED.

hora	Dturista min (SED)	Dturista medio (SED)	Dturista MAX (SED)	Dhorizontal (SED)	REmin (%)	REmedio (%)	Remax(%)
[8, 9]	0,2	0,0	0,7	1,4	12,4	0,0	42,9
[9, 10]	0,2	0,0	2,3	3,8	4,7	0,0	54,1
[10, 11]	0,3	0,1	2,7	6,9	4,3	0,8	36,1
[11, 12]	0,7	1,3	1,3	10,0	10,5	18,5	17,1
[12, 13]	1,2	3,1	0,4	12,3	11,5	30,8	3,9
[13, 14]	0,1	2,0	0,4	13,2	0,9	15,9	3,1
[14, 15]	0,8	1,0	1,0	12,4	6,1	7,9	8,1
[15, 16]	0,1	0,9	1,1	10,4	0,5	6,9	9,2
[16, 17]	0,7	1,4	2,7	7,5	6,3	13,8	27,2
[17, 18]	0,5	0,5	4,0	4,2	6,3	6,8	61,2
[18, 19]	1,4	0,0	1,2	1,4	99,0	0,0	156,6
Totales	6,1	10,4	18,0	85,0-82,2	7,2	12,2	21,9

Tabla 5: Dosis y razón de exposición UVER, excursionista, Tolar Grande-12/14.

Pastores Puneños

En la Puna existen pantanos conocidos como “vegas” donde se puede desarrollar incipientes pastoreos de llamas y cabras (figura 21). Para determinar las dosis eritémicas incidentes en los pastores Puneños, se les colocaron dosímetros personales durante su tarea diaria. Estos pastores tienen su vivienda al borde de la “vega” y alternan actividades hogareñas con las del cuidado del rebaño. Desde el pueblo hasta la “vega”, se debió transitar por medio de salares y montañas alrededor de 2 hs con un vehículo adecuado.



Fig.21: Pastoreo en una “vega”, Tolar Grande. Feb 2015.

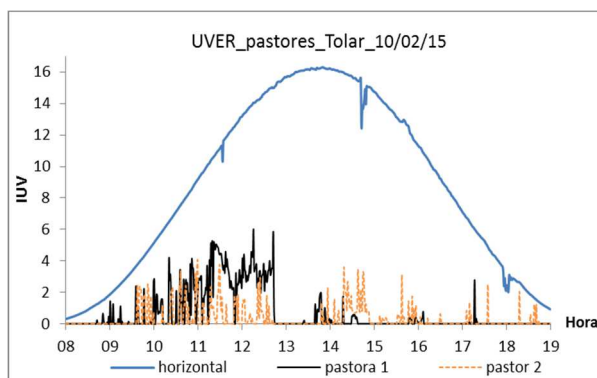


Fig. 22: UVER horizontal y en brazo, pastores, Tolar Grande-Feb.2015.

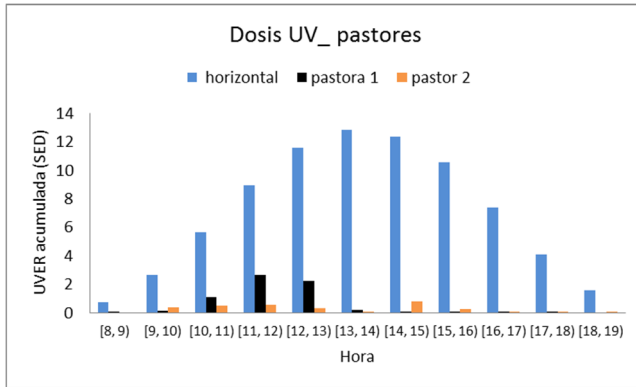


Fig. 23: Dosis UVER horaria, pastores, Tolar Grande-2/15.

hora	Dpastora (SED)	Dhoriz (SED)	RE (%)
[8, 9]	0,0	0,7	3,6
[9, 10]	0,2	2,7	5,8
[10, 11]	1,1	5,7	19,6
[11, 12]	2,7	8,9	47,4
[12, 13]	2,2	11,6	24,9
[13, 14]	0,2	12,8	1,6
[14, 15]	0,1	12,4	0,7
[15, 16]	0,0	10,5	0,3
[16, 17]	0,0	7,4	0,3
[17, 18]	0,1	4,1	0,7
[18, 19]	0,0	1,6	0,0
Totales	6,7	79,8	8,4

Tabla 6: Dosis y razón de exposición UVER, pastores, Tolar Grande-2/15.

La distribución media de irradiación UVER sobre los pastores y superficie horizontal se graficó en la figura 22. Se pudo observar las exposiciones para los pastores durante el desarrollo de una jornada. En horas de la mañana se dieron los mayores niveles de exposición. Valores de IUUV sobre superficie horizontal, alrededor del mediodía solar, indicaron riesgo eritémico *extremo*. De la figura 23 y tabla 6 se observó que las dosis acumuladas alcanzaron valores de 2,7 SED entre las 11:00 hs y 12:00 hs. En la tabla 6 se mostró para el caso de mayor exposición: distribución horaria de dosis UV y RE durante el transcurso de la jornada. La acumulación diaria de dosis eritémica estuvo entre 6,7 SED y 3,2 SED. Estos valores excedieron el TLV e indicaron que los pastores están expuestos a elevados valores de riesgo solar UV. Los RE totales estuvieron entre 8,4 % y 4,0 %. Los RE fueron muy elevados entre las 10:00 hs y 13:00 hs. Entre las 13:00 hs y 19:00 hs fueron bajos debido al descanso para almorzar y protegerse del sol realizando actividades hogareñas. La dosis UVER horizontal diaria fue de 79,8 SED.

Albañil Tolareño

El albañil es la persona que construye edificios u otras obras empleando piedra, ladrillo, cal, yeso, cemento y otros elementos semejantes. Para realizar su labor utiliza herramientas tales como baldes para preparar la mezcla, recipientes para humedecer ladrillos, llana de madera, cuchara, clavos, metro, etc. Cuando trabaja a la intemperie, está expuesto a elevados niveles de radiación UV. Para caracterizar su nivel de riesgo se utilizaron dosímetros colocados en los brazos durante toda la jornada laboral (figura 24).



Fig.24: Albañil, Tolar Grande. Dic. 2014.

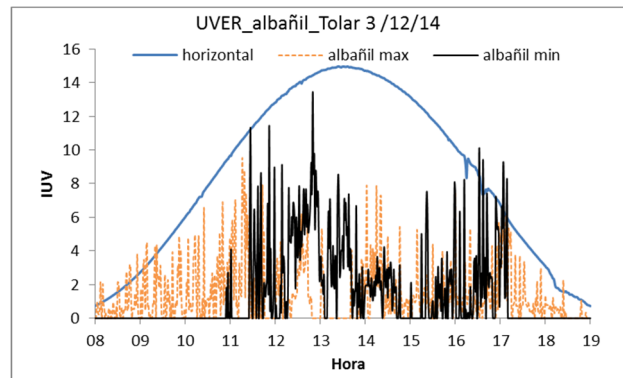


Fig. 25: UVER horizontal y en brazo, albañil, Tolar Grande-Dic.2014.

La distribución media de irradiación UVER sobre los albañiles, contrastadas con la que se midió sobre superficie horizontal, se graficaron en la figura 25 para casos de mayor y menor exposición (albañil_{max} y albañil_{min}). Los niveles de irradiación reflejaron su dinámica laboral y el ambiente de trabajo. Valores de IUUV alrededor del mediodía solar indicaron riesgo eritémico *extremo*. En la tabla 7 se mostró solo para el caso de menor exposición, la distribución horaria de dosis UV y RE durante el

transcurso de la jornada laboral, porque fueron más uniformes. De la figura 26 y tabla 7 se observó que las dosis acumuladas en cada hora son apreciables, alcanzando valores de 1,9 SED entre las 11:00 hs y 12:00 hs (obrero_{max} ; 4,3 SED entre las 12:00 hs y 13:00 hs). Durante la tarde se midió 1,7 SED entre las 14:00hs y 15:00 hs para el obrero_{min}. La dosis eritémica acumulada 14,0 SED excedió en gran medida el TLV recomendado para una jornada de 8 hs, por lo tanto estos albañiles estuvieron expuestos a peligrosos niveles de riesgo solar. El RE total (15,9 %) fue indicador de la exposición dañina a la radiación UV. Los RE para los albañiles se distribuyeron aleatoriamente, algunas horas son grandes y otras no. La dosis UVER horizontal diaria fue de 85,0 SED.

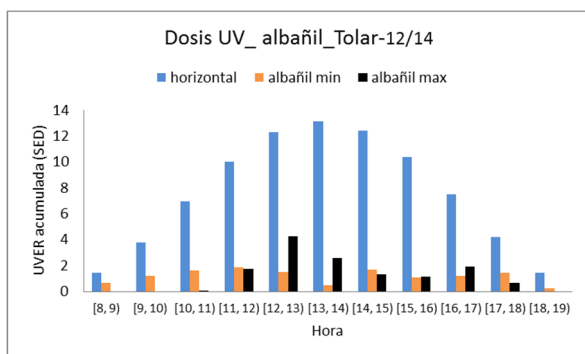


Fig. 26: Dosis UVER horaria, albañil, Tolar Grande-12/14.

hora	Dalbañil (SED)	Dhoriz (SED)	RE (%)
[8, 9]	0,7	1,4	12,4
[9, 10]	1,2	3,8	4,7
[10, 11]	1,7	6,9	4,3
[11, 12]	1,9	10,0	10,5
[12, 13]	1,5	12,3	11,5
[13, 14]	0,5	13,2	0,9
[14, 15]	1,7	12,4	6,1
[15, 16]	1,1	10,4	0,5
[16, 17]	1,2	7,5	6,3
[17, 18]	1,5	4,2	6,3
[18, 19]	0,3	1,4	99,0
Totales	13,5	85,0	15,9

Tabla 7: Dosis y razón de exposición UVER, albañil, Tolar Grande-12/14.

ANÁLISIS DE RESULTADOS

Nuestro objetivo fue clasificar, de acuerdo a su nivel de riesgo solar, las diferentes actividades analizadas precedentemente e integrados con resultados de otras tareas ya publicados (Suárez et al, 2014). Esto se logró a través de la confección de una tabla con datos de exposición UVER más relevantes obtenidos.

OCUPACION	DOSIS (SED) PERSONAL	DOSIS (SED) HORIZ	RAZON (%) EXPOSICION	HORAS (HS) ACTIVAS	FECHA
Mineros	14,9	31,8	46,8	9-18	Julio/14
Recolector residuo	7,7	24,1	31,8	9-15	Julio/14
Obrero adoquines	25,1	81,6	30,8	9-18	Diciembre/14
Pintor Municipal	21,0	80,9	25,9	9-18	Diciembre/14
Excursionista	18,0	82,2	21,9	8-19	Diciembre/14
Obrero Ferrocarril	14,9	77,4	19,2	9-18	Febrero/15
Albañil	13,5	85,0	15,9	8-19	Diciembre/14
Niños en vacaciones	4,8	31,8	15,2	9-18	Julio/14
Pastores	6,7	79,8	8,4	8-19	Febrero/15
Estudiante Secundario	2,1	45,0	4,5	13-18	Diciembre/14
Estudiante Primario	0,3	70,6	0,5	9-16	Diciembre/14

Tabla 8: Clasificación de actividades varias por riesgo solar, Tolar Grande.

En la tabla 8 se presentó un resumen de los resultados medidos para cada actividad. Si bien es importante la dosis acumulada, estas dependen de la duración y distribución de la jornada laboral en una dada época del año. Para independizarnos de esto y poder comparar adecuadamente el nivel de riesgo se debió estudiar las diferentes RE. Por lo tanto el mayor riesgo UV le corresponde a los mineros (RE= 46,8%).

Los obreros adoquineros tienen un RE de 30,8% y trabajando en verano de 9:00 hs a 18:00 hs acumulan una dosis de 25,1 SED. Salvo los estudiantes primarios y secundarios, todas las otras actividades tuvieron razones de exposición grandes. Como se conoce que exposiciones superiores a 2,0 SED inducen eritema en personas con piel clara y superiores a 4,5 SED en las de piel más oscuras (fototipos I y IV de Fitzpatrick), una gran proporción de obreros pudo haber sufrido daño eritémico si no estaban utilizando fotoprotección adecuada.

CONCLUSIONES

La utilización de dosímetros UV eritémicos para comparar la exposición personal a la radiación UVER, en diferentes actividades de la población de Tolar Grande, resultó una herramienta fundamental y confiable. Permitió medir exposiciones personales reales, en lugar de solo irradiación en un plano horizontal. El estudio fue realizado durante la época invernal y veraniega, mostró que las exposiciones a la UVER de obreros y comunidad en general de Tolar Grande son importantes.

Se confeccionó una tabla de calificación de riesgo solar de acuerdo a la actividad laboral, recreativa o de formación, de los habitantes locales y foráneos. En todas las actividades estudiadas las dosis UVER medidas superaron el TLV sugerido por la WHO, algunos con valores extremadamente altos. Únicamente los estudiantes de primaria lo cumplen. Considerando las muy altas dosis UVER ambientales y la falta o escaso control para minimizar la exposición, podemos decir que la población está bajo niveles muy altos de riesgo solar, suficientes para inducir quemaduras solares y daños en la salud. Por lo tanto, los efectos de las exposiciones UVER acumuladas deben tenerse en cuenta y establecer compromisos que posibiliten adquirir estrategias de fotoprotección solar personales y comunitarias.

Agradecimiento: Al grupo de estudios de radiación UV de la Universitat de Valencia, Marín M.J, Utrillas P.y Martínez Lozano J.A. Este trabajo fue financiado por el proyecto SN07A149 de cooperación entre la Universitat de Valencia (España) y la Universidad de Salta (Argentina).

REFERENCIAS

- 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.
- 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.
- MacKie, R.M. (2000). Effects of ultraviolet radiation on human health. *Radiation Protection Dosimetry* 91(1-3), 15-18.
- McKinlay A., Diffey B. (1987). *A reference action spectrum for ultraviolet induced erythema in human skin.* CIE Journal 6, 17.
- Suárez H. et al. (2014). *Proyecto Tolar grande unido para protegerse de los rayos UV.* ASADES.
- Suárez, H. et al. (2013). *Medición de radiación eritémica en sitios de altura de la Provincia de Salta.* ASADES.
- Suárez, H. et al. (2015). *Caracterización integral del riesgo solar en Tolar Grande-* ASADES 2015 (evaluación positiva).
- Vanicek K., Frei T. , Litynska Z. , Schmalwieser A. (1999). *UV- Index for the Public.* COST-713 *Action Brussels.*
- WHO (2002). *Global solar UV index. A practical guide.* World Health Organization.

ABSTRACT

CUMULATIVE UV DOSES BY OCCUPATIONAL ACTIVITY IN TOLAR GRANDE

Erythemal exposure to ultraviolet radiation of the population of the town of Tolar Grande, located in the Puna Salta (Lat: -24.59 Long: -67.40 and 3560 m) depends on their different work, recreation and training. They used to quantify personal digital dosimeters placed in the arms and programmed to give readings every minute of erythemal UV radiation (UVER). UVER and accumulated exposure ratio (ER), defined as the relationship between dose and environmental arm in a horizontal plane, for various activities doses were compared. Doses exceeding the threshold limit value (TLV). The values of daily UV exposure for different jobs during the intervals considered solar heights (9:00hs to 18:00hs) reached values of up to 25,1 standard erythema dose (SED). The maximum RE was higher than 40.0% in miners. Students in lower exposure (RE=4,5%) was measured.

Keywords: UV radiation, dosimetry, UV Index, radiometer, erythema, Tolar Grande.