

# Apuntes Sobre Exposición Laboral a Radiación Ultravioleta Solar

David Escanilla C. Departamento Salud Ocupacional. Instituto de Salud Pública de Chile. Diciembre 2014.

## 1. Introducción.

Un importante número de actividades laborales se realizan al aire libre bajo condiciones de exposición a radiación ultravioleta solar (RUV solar). Dichos puestos de trabajo están emplazados en entornos ambientales diversos e involucran a trabajadoras y trabajadores ligados a la minería, construcción, agricultura, forestal, pesca, transporte, obras públicas, fuerzas armadas y de orden, comercio y servicios.

El riesgo por exposición a RUV solar está influenciado por muchos factores, entre los cuales se destacan los siguientes: (i) ambiental (ubicación geográfica, capa de ozono, clima y materiales del entorno de trabajo); (ii) susceptibilidad individual (tipo de piel, alergias o uso de fármacos que sensibilizan); (iii) estacionalidad, horario y tiempo de exposición; y (iv) nivel de protección de los individuos (uso de ropa, sombreros o protectores solares).

## 2. Desarrollo.

El Decreto Supremo N°97 de fecha 14 de septiembre de 2010, que introduce una modificación al D.S. N° 594/99 del Ministerio de Salud, sobre Condiciones Sanitarias y Ambientales Básicas en los Lugares de Trabajo, en materia de radiación ultravioleta solar, define como trabajador/a expuesto/a a quien realiza sus actividades bajo *“radiación solar directa en días comprendidos entre el 1° de septiembre y el 31 de marzo, entre las 10 y las 17 horas, y aquellos que desempeñan funciones habituales bajo radiación UV solar directa con un índice UV igual o superior a 6, en cualquier época del año”* <sup>(1)</sup>.

Al mismo tiempo, el decreto establece que los empleadores deben realizar la gestión del riesgo por exposición a radiación UV solar *“adoptando medidas de control adecuadas”*. Adicionalmente, señala que los trabajadores deben ser informados *“sobre los riesgos específicos de exposición laboral a radiación UV de origen solar y sus medidas de control”*, y junto con *“detectar los puestos de trabajo que requieran medidas de protección adicionales”*, el empleador debe *“verificar la efectividad de las medidas implementadas”* <sup>(2)</sup>.

Aunque el reconocimiento de la exposición laboral a RUV solar en la reglamentación vigente constituye un avance, debemos puntualizar que contiene limitaciones técnicas que dificultan tanto

la valoración del riesgo para un puesto de trabajo específico como la evaluación de la efectividad de una medida de control o su adecuación al riesgo a cubrir <sup>(3)</sup>.

Para efectos de establecer el nivel de riesgo en que se encuentra una persona en su lugar de trabajo no basta con indicar la época del año donde se registran los mayores índices ultravioleta solar, tampoco es suficiente precisar la franja horaria de mayor radiación, o señalar el índice sobre el cual se está en riesgo, sino que es necesario estimar las dosis eritémicas ( $J/m^2$  o  $J/cm^2$ ) que la persona recibe (o que potencialmente podría recibir si lo vemos en forma preventiva) durante la realización de las tareas, para lo cual se debe conocer el tiempo de exposición.

Según el enfoque de la higiene ocupacional el nivel de riesgo para una jornada laboral podría ser expresado como sigue:

$$\text{Nivel de Riesgo} = \text{Irradiancia Eritémica Solar} \times \text{Tiempo de Exposición}$$

Donde la *irradiancia eritemática solar* ( $W/m^2$ ) corresponde a la irradiancia espectral de la fuente (sol) ponderada por el espectro de acción eritemático CIE 1987 <sup>(4)</sup>, que a su vez representa la efectividad relativa, en el rango del ultravioleta, de las diferentes longitudes de onda en cuanto al efecto biológico eritemático. El *tiempo de exposición* corresponde a una sola franja horaria cuando la exposición es continua, aunque también puede ser descompuesto si la exposición es intermitente (sucesivas entradas y salidas), o cuando una parte de la jornada ocurre al sol y otra bajo sombra.

La prevención del riesgo para el caso de la exposición laboral a radiación ultravioleta solar, como estrategia de largo plazo, consiste en disminuir al máximo las dosis acumuladas (adoptando medidas de ingeniería, administrativas y protección personal) y, como gestión de corto plazo, en evitar el eritema o quemadura, que es precisamente el efecto agudo sobre la piel que la reglamentación obliga a los directores de establecimientos públicos y privados a notificar a la Autoridad Sanitaria Regional <sup>(5)</sup>.

Estimando las Dosis Eritémicas Diarias media, DDE ( $Joule/m^2$ ) para los meses de diciembre, enero, febrero y marzo, en base a los datos proporcionados por la red de la Dirección Meteorológicas de Chile, para diferentes ciudades, utilizando el *Sistema de simulación de exposición a radiación ultravioleta solar* <sup>(6)</sup>, del Instituto de Salud Pública, obtuvimos los siguientes resultados:

**Tabla 1. Dosis eritémicas según ciudad y franja horaria**

Ciudad	DDE (J/m <sup>2</sup> )	Dosis DS 594 (J/m <sup>2</sup> )	SED hora (13:00/15:00)	Altitud (msnm)	Latitud
Arica	7239	6443	12,41	23	18° 18`S
Antofagasta	7475	6658	12,59	145	23° 27`S
San Pedro Atacama	9002	8075	15,36	2450	22° 55`S
La Serena	7429	6448	12,20	25	29° 54`S
Valparaíso	6548	5763	10,84	131	32° 56`S
Santiago	7059	6177	11,31	520	33° 26`S
Farellones	8722	7628	14,16	2746	33° 21`S
Talca	7712	6738	12,52	100	35° 25`S
Concepción	5928	5146	9,45	8	36° 46`S
Valdivia	7494	6431	11,83	18	39° 50`S
Punta Arenas	4562	3704	6,80	37	53° 00`S

Nota: El sistema de simulación Versión 2-2013 utiliza los registros de radiación ultravioleta solar de diferentes estaciones a lo largo del país. Son mediciones diarias realizadas entre las 6:00 y las 22:00 horas entre los años 2008 al 2012. El programa informa las dosis eritémicas diarias totales o aquellas acumuladas para una franja horaria seleccionada utilizando los datos diarios del mes (entre los años especificados) en que se presentó la mayor radiación (peor condición).

Al mismo tiempo, estimamos las dosis entre las 10:00 y las 17:00 horas. que corresponde a la franja horaria que establece el D.S. N° 594/99 y las dosis eritémicas estándar (SED) medias por hora entre las 13:00 y 15:00 horas (1 SED equivale a 100 J/m<sup>2</sup>).

El efecto de la altitud lo podemos apreciar en los valores arrojados por las mediciones en Antofagasta/San Pedro Atacama y Santiago/Farellones, donde a una latitud similar se registran dosis eritémicas diarias un 20% mayor en los puntos de mayor altitud.

Trabajos previos estimaron las dosis eritémicas diarias (DDE) en base a mediciones a intervalos de un minuto durante un día completo, en diferentes localidades del país, con un radiómetro UV portátil de cuatro canales (centrados en 305, 320, 340 y 380 nm) de la marca Biospherical Instruments Inc. USA se muestran en la tabla que sigue <sup>(7)</sup>:

**Tabla 2. Variaciones DDE según latitud y época del año (Joule/m<sup>2</sup>)**

Latitud S	Ciudad	Invierno	Verano	Verano/Invierno
18° S	Arica	4.000	8.800	2,2
33,5° S	Santiago	800	6.100	7,6
39,8° S	Valdivia	500	5.000	10,0
53° S	Punta Arenas	450	2.700	6,0

Fuente: Lovengreen et al, 2000

Con el propósito de valorar de mejor manera los valores de dosis obtenidos en las estimaciones, vale la pena recordar la clasificación de los diferentes tipos de piel, según sensibilidad y susceptibilidad a la quemadura por radiación ultravioleta solar <sup>(8)</sup>.

**Tabla 3. Clasificación de tipos de piel según susceptibilidad a la quemadura solar**

Fototipo de piel	Sensibilidad al sol	Susceptibilidad a la quemadura
I	Muy sensible	Siempre quemadura: < 2 SED
II	Moderadamente sensible	Alta: 2 - 3 SED
III	Moderadamente insensible	Moderada: 3 – 5 SED
IV	Insensible	Baja: 5 – 7 SED
V	Insensible	Muy baja: 7 – 10 SED
VI	Insensible	Extremadamente baja: > 10 SED

Nota: Los valores de SED para cada fototipo de piel no son exactos sino referenciales

Los datos muestran que las dosis eritémicas ambientales registradas sobre una superficie (Tabla 1 y 2) superan largamente las dosis eritémicas mínimas (MED) para producir el efecto de quemadura (Tabla 3), y que al medio día solar de los meses de verano dichas dosis se superan solo en una hora.

Un ejercicio de valoración de los componentes factoriales del riesgo por exposición a RUV aplicados al comercio callejero del centro de Santiago hizo necesario precisar la ubicación del puesto de trabajo, determinar la presencia y horario de sombras, y conocer la extensión de la jornada laboral. Se identificaron tres tipos principales de puestos de trabajo: fijos, semi fijos y móvil <sup>(9)</sup>.

Las dosis eritémicas ambientales fueron obtenidas del Sistema de Simulación de Exposición a Radiación Ultravioleta Solar del Instituto de Salud Pública utilizando la expresión:

$$\text{Dosis Eritémica Ambiental (J/m}^2\text{)} = \text{Dosis Eritémica al Sol} + \text{Dosis Eritémica a la Sombra}$$

El grado de atenuación de una sombra específica de un puesto de trabajo se determinó registrando la radiación en forma alternada (sol/sombra) utilizando un medidor de radiación ultravioleta UVA-UVB UV34, PCE-Group, en el rango de longitud de onda entre 290 y 390 nm. Para los puestos de trabajo fijos obtuvimos atenuaciones de 9, 10 y 12 veces la radiación, y para el puesto semifijo con toldo se obtuvo la mayor atenuación, 35 veces.

Para aquellos vendedores de tipo fijo encontramos valores de dosis ambientales de 5649 J/m<sup>2</sup> (lustrabotas ubicado en Catedral esquina Puente); 1055 J/m<sup>2</sup> (vendedor de artículos en Huérfanos esquina San Antonio); 5397 J/m<sup>2</sup> (vendedor de artículos en Huérfanos esquina Ahumada). Para un vendedor de mote con huesillos en carro con toldo (semifija) ubicado en Agustinas esquina Ahumada) se obtienen 226 J/m<sup>2</sup>, y un vendedor de golosinas (móvil) que ofrece los productos entre los autos en esquina de Santa Rosa y Av. Libertador Bernardo O´Higgins se expondría a 6120 J/m<sup>2</sup>.

Cuando medimos la capacidad de atenuación de un toldo tipo malla con un espectroradiómetro de banda ancha, ILT 900-W (serie 2820), observamos una reducción del 69% de la irradiancia solar

(40,05 a 12,11  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ). Mediciones puntuales en hora de máxima radiación en cabina de operador de grúa horquilla y en ventanas de oficina (0,0008, 0,216 y 0,614  $\mu\text{W}/\text{cm}^2$  respectivamente) muestran que la reducción de la irradiancia que ofrecen tales materiales significa que para un individuo con un fototipo de piel II los tiempos de exposición necesarios para producir quemadura solar serían 7.169, 27 y 9,5 horas respectivamente.

La ropa de protección es una de las medidas de control del riesgo por exposición a radiación ultravioleta solar más eficaces. El nivel de protección de una prenda o un textil se expresa a través de su factor de protección ultravioleta (UPF). La tabla 4 muestra las mediciones *in vitro* de la transmitancia espectral en el rango UV de diferentes textiles utilizados en la fabricación de prendas de vestir para la parte superior del tronco, tales como camisas, blusas y poleras <sup>(10)</sup>.

Tabla 4. Determinación in vitro del Factor de Protección a Radiación Ultravioleta (UPF) en Telas.

Muestra	T(UVA) media % (315 - 400 nm)	T(UVB) media % (290 - 315 nm)	UPF Índice
Wevenit deportivo/verde oscuro	8,91	6,32	10
Wevenit deportivo/rojo	4,76	3,12	25
Wevenit deportivo/negro	1,19	0,84	50+
Jersey 50/1	8,38	9,57	5
Jersey 30/1	2,68	3,28	25
Jersey 24/1	4,39	5,15	15
Básquet deportivo/azul rey	8,93	6,29	10
Básquet deportivo/lila	8,33	5,19	15
Básquet deportivo/rosa	8,02	3,17	25
Pique/Lacoste	3,25	2,45	35
Pique/20 a 1	0,61	0,38	50+
Pique/24 a 1	2,04	1,44	50+

Nota: La Tabla presenta los valores promedios de transmitancia UVA, UVB y el Índice UPF para diferentes tipos de muestra. Los datos corresponden a 4 determinaciones por cada probeta de tejido ensayado. Asimismo, la irradiancia fue ponderada según el espectro de acción eritemal de referencia ( $E_\lambda$ ) propuesto por la Comisión Internacional de Iluminación CIE. El Índice UPF se obtuvo a partir de la expresión:  $UPF_{\text{corregido}} = UPF_{\text{medio}} - t_{k,\alpha} \times SD/VN$  donde  $\alpha=0.005$  y  $k=N-1$ , acorde a la norma AS/NZS 4399:1999 "Sun protective clothing – Evaluation and classification" Anexo A. Los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Elementos de Protección Personal (EPP) del Departamento de Salud Ocupacional del Instituto de Salud Pública de Chile, utilizando el equipo Ultraviolet Transmittance Analyzer modelo UV – 1000F de Labsphere, bajo condiciones de humedad relativa entre 45 y 60% y de temperatura entre 15,4 y 17,7 °C, medida con un Thermo-Hygrometer, Delta Trak.

### 3. Reflexión Final.

Las reflexiones y datos que se presentan en esta nota técnica buscan aproximarse a una metodología que nos permita evaluar cuantitativamente la condición de riesgo particular de una persona que realiza laborales al aire libre y la efectividad o adecuación de las medidas de control que se han de implementar.

### 4. Bibliografía

- 1.- Decreto Supremo N°97 de fecha 14 de septiembre de 2010, Artículo 109 a.
- 2.- Decreto Supremo N°97 de fecha 14 de septiembre de 2010, Artículo 109 b.
- 3.- Decreto Supremo N°594 de 1999 del Ministerio de Salud. Condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo. Artículo 53.
- 4.- CIE (International Commission on Illumination) 1987. Research Note, A reference action spectrum for ultraviolet induced erythema in human skin. CIE J. 6, 17-22.
- 5.- Decreto Supremo N°97 de fecha 14 de septiembre de 2010, Artículo 109 c.
- 6.- Sistema de simulación de exposición a radiación ultravioleta solar. Versión 2-2013. Instituto de Salud Pública de Chile. <http://www.ispch.cl/sistema-de-simulacion-exposicion-radiacion-uv-solar>.
- 7.- Lovengreen, Ch., H. Fuenzalida, and L. Villanueva Ultraviolet solar radiation at Valdivia, Chile (39.8°S) Atmospheric Environment **34**:4051-4061, 2000.
- 8.- ICNIRP statement. Protecting workers from ultraviolet radiation. International Commission on Non-ionizing Radiation Protection (ICNIRP). 2010.
- 9.- D. Escanilla, P. Albarrán y D. Guzmán, Exposure to solar ultraviolet radiation on street vendors in Santiago of Chile, Jornadas Científicas. Instituto de Salud Pública de Chile. 2013.
- 10.- A. Rodríguez. Ropa de protección contra exposición laboral a radiación ultravioleta solar. Universidad Técnica Federico Santa María. 2010.