

2020

# Evaluación de la exposición laboral a radiaciones UV de origen solar

**PROPUESTA PARA DISCUSIÓN PÚBLICA**

*Comisión de Cancerígenos*

**AHRA**

Asociación de Higienistas  
Ocupacionales y Ambientales  
de la República Argentina

AHRA | [www.ahra.org.ar](http://www.ahra.org.ar)

**Exposición ocupacional a radiaciones UV de origen solar**





# La exposición ocupacional a radiaciones ultravioletas (RUV) de origen solar

## **Prólogo**

*El presente trabajo de investigación fue llevado adelante durante casi un año por un equipo de profesionales de la Asociación de Higienistas Ocupacionales y Ambientales de la República Argentina (AHRA).*

*Está demostrado por la numerosa evidencia científica que varias enfermedades son ocasionadas por la exposición excesiva al sol. En particular, la Agencia Internacional de Investigación contra el Cáncer (IARC, por sus siglas en inglés), clasificó a las radiaciones solares como clase 1, es decir, probadamente cancerígenos para la piel, una de sus formas más malignas.*

*Sin embargo, no está debidamente identificada la intensidad de la exposición que genera esos efectos. Por el contrario, el sol es vital para la vida en el planeta, por lo que no es posible pensar en anular toda exposición.*

*La AHRA y los autores, dan a conocer este trabajo como un aporte cooperativo al conflicto que significa evaluar el riesgo a las radiaciones ultravioletas de origen solar.*

*El resultado es una propuesta sujeta a discusión pública para el análisis de pares, buscando probar su validez, o para modificarlo y adaptarlo según lo que surja de las devoluciones fundamentadas que se reciban de otros especialistas e interesados en el tema.*

*Este no es un trabajo definitivo. Por el contrario, se somete al estudio de toda la comunidad profesional para que sea probado durante el tiempo que sea necesario. Los autores reconocen que las metodologías propuestas en la obra, deben ensayarse con situaciones reales más allá de las hasta aquí simuladas. Uno de los objetivos de este trabajo, fue producir métodos prácticos, en la medida que las variables en juego lo permitieran, basándose en los lineamientos de la bibliografía consultada.*

*Es importante que lo aquí expuesto sea tomado con paciencia y precaución. Los autores tuvieron especialmente en cuenta que los márgenes de seguridad frente al riesgo a tratar fueran amplios, para asegurar la mayor protección de los trabajadores, que son a los que está dirigida esta investigación. Pero esto debe ser acompañado de estadísticas y estudios epidemiológicos que, por ahora, no existen, y que puedan indicar que la metodología está bien encaminada o, por el contrario, deba corregirse.*

*Integrantes de la Comisión de Cancerígenos que estudiaron este tema:*

*Lic. Valeria Edith Frankrajch*

*Ing. Alberto Agustín Riva*

*Lic. Jorge Rubén Zavatti*

*Este trabajo fue concluido en diciembre de 2020. Es un documento producido y publicado por la AHRA.*

*Presidente: Ing. Fernando Iuliano*

## **Agradecimientos**

*La Asociación de Higienistas Ocupacionales y Ambientales de la República Argentina (AHRA), desea agradecer la colaboración prestada por el Servicio Meteorológico Nacional (SMN) que, a través de la labor de varios de sus técnicos y científicos - Gerardo Carbajal Benítez, Eduardo Alfredo Luccini, Fernando Martín Nollas, Pablo Facundo Orte y Elián Augusto Wolfram - parte de este trabajo se enriqueció y permitió vislumbrar un mejor resultado.*

*También agradecemos la lectura de parte del trabajo al Ing. Aníbal Aguirre y al Dr. Daniel González Maglio, quienes desinteresadamente nos hicieron llegar sus comentarios.*

## **La AHRA**

*La Asociación de Higienistas Ocupacional y Ambientales de la República Argentina, es una asociación sin fines de lucro que nació en el año 2009 de la mano de un grupo de profesionales preocupados por la ausencia de una institución que se erigiera en pos de los objetivos de la Higiene Ocupacional.*

*Desde entonces, crece constantemente y promueve acciones de vinculación entre profesionales y organizaciones, para potenciar los recursos y lograr verdaderos resultados en la prevención de las enfermedades profesionales.*

## **Derechos de autor**

*Este documento está protegido por los derechos de autor, según fue registrado en la Dirección nacional de Derechos de Autor como Obra Inédita - No Musical en el Legajo N°: RL-2020-90042650-APN-DNDA#MJ*

## **Abreviaturas, siglas y acrónimos**

<i>ARPANSA</i>	<i>Australian Radiation Protection and Nuclear Safety Agency</i>
<i>CCB</i>	<i>Cáncer de células basales</i>
<i>CCE</i>	<i>Cáncer de células escamosas</i>
<i>CPNM</i>	<i>Cáncer de piel No Melanoma</i>
<i>FPS</i>	<i>Factor de protección solar</i>
<i>IARC</i>	<i>International Agency Research o Cancer. Agencia Internacional de Investigación contra el Cáncer</i>
<i>ICNIRP</i>	<i>International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Comisión Internacional para la protección contra las radiaciones no ionizantes.</i>
<i>IUV</i>	<i>Índice Solar Ultravioleta</i>
<i>IUVP</i>	<i>Índice Solar Ultravioleta Promedio anual, para la región considerada.</i>
<i>IUVP<sub>6</sub></i>	<i>Índice Solar Ultravioleta Promedio anual, para la región considerada, con división de 6 rangos</i>
<i>MED</i>	<i>Minimal Erythemat Dose. Dosis Mínima de Eritema</i>
<i>OMM</i>	<i>Organización Mundial de Meteorología</i>
<i>OMS</i>	<i>Organización Mundial de la Salud</i>
<i>RUV</i>	<i>Radiación Ultravioleta</i>
<i>RUV-A</i>	<i>Radiación Ultravioleta del rango del espectro A</i>
<i>RUV-B</i>	<i>Radiación Ultravioleta del rango del espectro B</i>
<i>RUV-C</i>	<i>Radiación Ultravioleta del rango del espectro C</i>
<i>NRPB</i>	<i>National Radiological Protection Board (Junta Nacional de Protección Radiológica, Reino Unido)</i>
<i>SED</i>	<i>Standard Erythemat Dose. Dosis Estándar de Eritema</i>
<i>SMN</i>	<i>Servicio Meteorológico Nacional</i>
<i>SRT</i>	<i>Superintendencia de Riesgos del Trabajo</i>
<i>WHO</i>	<i>World Health Organization</i>

## **Resumen**

*A partir de definir las características físicas, sus unidades y efectos biológicos de las radiaciones ultravioletas cuya fuente es el sol, irán tomando cuerpo a lo largo de este documento las dos evaluaciones de riesgo de la exposición ocupacional.*

*Tratar esta temática no fue al azar. Al promulgarse en la República Argentina la normativa que incluye al sol como agente de riesgo higiénico cancerígeno, no vino acompañada de la definición de las condiciones bajo las cuales la exposición puede producir efectos, dejándolo pendiente y bajo la responsabilidad de la opinión personal de los especialistas. Esta indecisión refleja la dificultad que tendrán los profesionales de salud y seguridad laboral para asesorar a los empleadores en la toma de medidas preventivas, debiendo luchar sin los conceptos técnicos adecuados contra una cultura histórica del bronceado.*

*Luego de presentar las dos metodologías de evaluación del riesgo, diferenciando además la exposición aguda de la crónica, se ordenan y detallan las acciones protectoras sobre los trabajadores según niveles de intervención, facilitando su priorización y optimización de los recursos. En cada caso, se analizan la profundidad las diferentes opciones que se presentan, incorporando aspectos poco conocidos en nuestra región.*

**ÍNDICE**

<b>1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA RUV .....</b>	<b>9</b>
<b>2. VARIABLES QUE INFLUYEN EN LA CANTIDAD DE RUV DE ORIGEN SOLAR RECIBIDA POR LAS PERSONAS .....</b>	<b>11</b>
2.1 Factores ambientales	
2.1.1. Elevación solar	
2.1.2 Altitud	
2.1.3 Latitud	
2.1.4 Ozono	
2.1.5 Nubosidad / Niebla	
2.1.6 Reflexión de la superficie	
2.1.7 Dispersión atmosférica	
2.2 Factores ocupacionales	
2.2.1 Duración de la exposición	
2.2.2 Protección personal	
2.2.3 Comportamiento	
2.2.4 Geometría de la exposición	
2.2.5 Fotosensibilizadores	
2.3 Factores Individuales	
<b>3. NOMENCLATURA Y UNIDADES DE REFERENCIA.....</b>	<b>22</b>
3.1 Unidades según sus características físicas	
3.2 Unidades según sus efectos para la salud	
<b>4. EFECTOS DE LA RUV SOBRE EL CUERPO HUMANO.....</b>	<b>24</b>
4.1 Efectos agudos sobre la piel	
4.2 Efectos a largo plazo sobre la piel	
4.3 El ojo	
4.3.1 Efectos agudos sobre el ojo	
4.3.2 Efectos crónicos sobre el ojo	
4.4 Sistema inmunológico	
4.4.1 Efectos de la RUV sobre el sistema inmunológico	
<b>5. EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN.....</b>	<b>36</b>
5.1 Límites de exposición	
5.2. Evaluación de la exposición a las RUV	

5.3	Procesos de evaluación	
5.4	Exposición de corta duración	
5.5	Exposición de larga duración	
5.6	Evaluación cualitativa	
5.7	Método del ICNIRP	
5.8	Evaluación cualitativa. Propuesta AHRA	
5.9	Actividades y tareas de mayor riesgo	
5.10	El índice solar UV y su utilidad	
<b>6.</b>	<b>CONTROL DE LA EXPOSICIÓN</b> .....	<b>56</b>
6.1	Medidas para prevenir la exposición aguda	
6.2	Medidas para prevenir la exposición crónica	
6.3	Medidas de ingeniería	
6.3.1	Provisión de sombra	
6.3.2	Eliminación de la RUV reflejada	
6.4	Controles administrativos	
6.4.1	Planificación	
6.4.2	Capacitación y formación de los trabajadores	
6.5	Elementos de protección personal	
6.5.1	Ropa	
6.5.2	Sombreros	
6.5.3	Protección ocular	
6.5.4	Los protectores solares	
6.6	Controles para la salud	
<b>7.</b>	<b>MARCO NORMATIVO EN LA REPÚBLICA ARGENTINA</b> .....	<b>69</b>
<b>8.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>72</b>
<b>9.</b>	<b>ANEXOS</b>	

## CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA RUV

La radiación emitida por el sol comprende radiaciones de diferentes longitudes de onda que van desde las de onda más corta (ionizante) como los rayos cósmicos, rayos gama y rayos X, hasta las de longitud de onda más larga (no ionizante) como los microondas y radiofrecuencias. Estas radiaciones son parte del espectro electromagnético.

Al llegar a la tierra, la atmósfera se comporta como un blindaje que impide el paso de algunas longitudes de onda y restringe parcialmente otras.

Esquemáticamente:

**Tabla 1.1. Tipos de radiaciones**

Tipo de radiación	Subtipo
Radiaciones ionizantes	Rayos cósmicos
	Rayos Gamma
	Rayos X
Radiaciones no ionizantes	Radiación ultravioleta
	Luz visible
	Radiación infrarroja
	Microondas
	Ondas de radio

Algunas de ellas llegan a la superficie terrestre en distintas proporciones: las radiaciones ultravioletas 5%, visibles 50% e infrarrojas 45%.

La radiación ultravioleta (RUV a los efectos de este documento), puede segmentarse en tres formas: RUV-A, RUV-B y RUV-C. La RUV-C es absorbida íntegramente en la atmósfera por el ozono (particularmente importante), el vapor de agua, el oxígeno y el dióxido de carbono, y no llega a la superficie.

Entre el 90 y 95% de las RUV que llegan a la superficie terrestre son RUV-A y apenas un 5-10% son RUV-B.

El efecto que producen las ondas depende de la longitud de onda que, como tal, es una medida de longitud, pero estas son tan pequeñas que se usan unidades submúltiplo del metro. Así, el nanómetro (abreviado nm y equivalente a  $10^{-9}$  metros) es la unidad más utilizada. El espectro de radiaciones ópticas varía de 100 nm hasta 1mm (1.000.000 de nm), según lo indica el siguiente cuadro:

**Tabla 1.2 Regiones de onda de radiación óptica**

Subtipo	$\lambda$ =Longitud de onda (nm)
Radiación infrarroja	760-1.000.000
• Radiación infrarroja- C	3.000-1.000.000
• Radiación infrarroja- B	1.400-3.000
• Radiación infrarroja- A	700-1.400
Luz visible	400-700
Radiación ultravioleta	180-400
• RUV- A	315-400
• RUV- B	280-315
• RUV- C	180-280

La bibliografía no es uniforme en cuanto a esta división, pero para este documento se ha tenido en cuenta la mencionada en la Resolución del Ministerio de Trabajo Empleo y Seguridad Social N° 295/03 de la República Argentina, que toma los valores de la ACGIH (coincidentes con los de ICNIRP<sup>1</sup> e IEC<sup>2</sup>).

El límite entre las Radiaciones UV y las visibles es de 400 nm; a partir de allí la radiación se vuelve visible y el primer color es el violeta. Por eso la denominación de ultravioleta a las ondas inmediatamente invisibles.

Los tejidos afectados en los seres vivos dependen de la longitud de la onda; se ha verificado que los más afectados son la piel y los ojos mientras que es poco probable que otros tejidos más profundos estén en riesgo<sup>3</sup>.

<sup>1</sup> Comisión Internacional para la Protección de las radiaciones no ionizantes, por sus siglas en inglés: International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection.

<sup>2</sup> Comisión Electrónica Internacional, por sus siglas en inglés, International Electrotechnical Commission.

<sup>3</sup> JB O'Hagan, CMH Driscoll y AJ Pearson (2003), Occupational Exposure to optical radiation in the context of a Possible EU Proposal for a Directive on Optical Radiation. Párrafo 1.3 - Optical Radiation Spectrum.

## VARIABLES QUE INFLUYEN EN LA CANTIDAD DE RUV DE ORIGEN SOLAR RECIBIDA POR LAS PERSONAS

La cantidad de RUV absorbida por la piel o incidente en los ojos, depende de varios factores, que se dividirán, analizándolos desde el punto de vista de los individuos que desarrollan actividades laborales, de la siguiente manera:

- Ambientales
- Ocupacionales
- Individuales

Algunos factores, cuando se trata de la exposición de cualquier persona en general, pueden ser clasificados en un grupo diferente. Es el caso, por ejemplo, de la duración de la exposición. Si bien existe una proporción de ella que es propia de los cuidados de cada individuo, cuando se trata de ambientes laborales está claro que la mayor dosis proviene de las tareas y espacio asignado para ellas por el empleador. Algo similar ocurre con el comportamiento que, si bien es individual, está igualmente condicionado al trabajo.

### 2.1. Factores ambientales

La atmósfera y todo lo que la rodea hasta la superficie terrestre influye en la cantidad de radiación UV que se recibe proveniente del sol. Son numerosos los factores que influyen en la radiación que finalmente llega:

#### 2.1.1. Elevación solar (altura del sol en el cielo)

Por elevación solar se designa al ángulo entre la horizontal formada por el suelo y la posición que tiene el sol al mirarlo en cualquier momento y lugar del año. La intensidad de las RUV depende de posición del sol en el cielo. A mayor altura (ángulo o elevación solar), mayor intensidad. A su vez, esa posición depende:

- De la estación. La variación por temporada es importante en las regiones templadas, pero menos intensa en las zonas tropicales, cerca del ecuador. En verano se darán las mayores intensidades.
- De la Hora del día, ya que el trayecto de los rayos solares es menor a través de la atmósfera, cuando más alto esté el sol en el cielo; en verano, alrededor del 20-30% de la cantidad diaria total de RUV se recibe entre las 11:00 y las 13:00, y el 75% entre las 9:00 y las 15:00 (hora del sol, no hora local).

Según puede leerse en Protection Against Exposure to Ultraviolet Radiation <https://www.who.int/uv/publications/proUVrad.pdf>:

*La intensidad de UVB varía más con la hora del día que la UVA. Como regla general, "cuando su sombra es más corta que su propia altura", puede recibir la mitad o más de los dañinos UVB durante las 4 horas alrededor del mediodía solar en un día claro de verano. En verano al mediodía, la UVB es dos o tres veces más intensa en las zonas ecuatoriales que en el norte de Europa. A aproximadamente 60° de latitud, la exposición total a UVB durante los meses de enero y febrero puede ser inferior a la exposición de un día claro en pleno verano.*

### **2.1.2. Altitud**

Cuanta mayor es la altura a la que se encuentre la persona expuesta sobre el nivel del mar, menor será el espesor de la capa atmosférica que contribuye a reducir los RUV. Si bien no hay coincidencia en las fuentes consultadas (8 y 11), cada 1000 metros de elevación sobre el suelo, la intensidad de RUV aumenta entre un 10% a 14%.

### **2.1.3. Latitud**

En el ecuador (latitud 0°) y sus cercanías se obtienen mayores intensidades de RUV, ya que los rayos solares inciden perpendicularmente a la superficie y deben atravesar una menor capa de ozono. Cuanto más alejado del ecuador la RUV disminuye hasta llegar a los polos, aunque allí el impacto del agujero de ozono revierte el beneficio.

De la Monografía 100D de la IARC se extrae que: *"los datos de los satélites y las mediciones a nivel del suelo muestran que la radiación UV no varía constantemente con la latitud, pero que las condiciones locales pueden influir en gran medida en los niveles reales de radiación UV (un buen ejemplo de esta situación puede encontrarse en los niveles de radiación UV extremadamente elevados registrados en el verano de 2003 durante la ola de calor que mató a miles de personas en Francia y el norte de Italia)."*

### **2.1.4. Ozono**

El ozono es un gas relativamente inestable, compuesto de tres átomos de oxígeno cuya mayor concentración se da en la estratósfera, una capa que rodea a la tierra ubicada entre los 20 y 40 km de la superficie de la tierra. Su presencia conforma un escudo que protege contra los rayos UV, particularmente los UVB. Si la cantidad de ozono se redujera, aumentaría el riesgo de cáncer de piel y cataratas en las personas, además de afectar el sistema inmunológico. Bajo condiciones despejadas, cada 1% de reducción en el ozono, resulta en un aumento de 1,5% de radiación UVB que llega a la superficie terrestre<sup>4</sup>.

Si el ozono estuviera en condiciones de presión y temperaturas normales, la capa de ozono tendría un espesor de pocos milímetros.

---

<sup>4</sup> Fuente 08 WHO. Health and Environmental Effects to Ultraviolet Radiation. A summary of Environmental Health Criteria 160 Ultraviolet Radiation. Geneve 1995.

**Nota:** para expresar la cantidad de ozono en la atmósfera terrestre se utiliza la unidad Dobson, que es una medida del espesor de la capa de ozono. Una unidad Dobson equivale a 0,01 mm de espesor de la capa de ozono en condiciones normales de presión y temperatura (1 atm y 0° C), expresado en número de moléculas. Los valores normales de esa capa rondan las 300 unidades Dobson, pero debe tenerse en cuenta que la concentración de ozono varía a lo largo del año y del día.<sup>5</sup>

### 2.1.5. Nubosidad / Niebla

La presencia de nubes influye en la radiación UV que llega a las personas. La nubosidad tiende a reducir la intensidad de la radiación directa, dependiendo del tipo y cantidad de nubes.

Un cielo despejado implica la mayor radiación posible sin filtrar por otros elementos atmosféricos de ese día. Una capa cerrada de nubes de alta densidad, pueden evitar que hasta el 90 % de los RUV pasen.

Sin embargo, las nubes también pueden agravar la intensidad de los RUV que se producen en forma difusa al refractar, reflejar y dispersar los rayos solares. En consecuencia, la presencia de nubes o de neblina, si bien pueden lograr que las personas se sientan más frescas, la exposición a los RUV puede seguir siendo alta o incluso mayor para los ojos ya que la redistribuyen.

### 2.1.6. Reflexión de la superficie

Sólo una parte de la radiación solar llega en forma directa del sol. Los elementos que los rayos encuentran en su paso (gotas de vapor de agua y arena, por ejemplo) reflejan parte de esos rayos, cambiando su dirección una multiplicidad de veces. Esa porción de la luz solar que incide en los objetos y se refleja, es denominada albedo.

El albedo depende del objeto que refleja la luz. La siguiente tabla, da una idea de los porcentajes de radiación reflejada (reflectancia) en distintas circunstancias y objetos.

**Tabla 2.1 Reflectancia de la ICNIRP UVB solar efectiva de superficies de terrenos<sup>6</sup>**

Superficies de terrenos	Reflectancia difusa ICNIRP UVB solar eficaz (%)
Prado verde de la montaña	0.8-1.6
Pastizales secos	2,0-3,7
Bosques (promedio) (1)	8
Ceniza volcánica (1)	7

<sup>5</sup> Fuente: OMS (2003), Organización Meteorológica Mundial, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Comisión Internacional de Protección contra la Radiación no Ionizante. Índice UV solar mundial: Guía práctica. 2003. <http://www.who.int/>, ISBN 92 4 159007

<sup>6</sup> Fuente: Alberto Modenese, Leena Korpinen, Fabriziomaria Gobba (2018), Solar Radiation Exposure and Outdoor Work: An Underestimated Occupational Risk, <https://doi.org/10.3390/ijerph15102063>

Superficies de terrenos	Reflectancia difusa ICNIRP UVB solar eficaz (%)
Suelo terrestre sin vegetación (1)	18
Muelle de madera	6.4
Asfalto negro	5-9,0
Pavimento de hormigón	8-12
Arena de la playa del Atlántico (en seco)	15-18
Arena seca (1)	40
Arena de la playa del Atlántico (húmedo)	7
Por encima de aguas abiertas (grandes lagos, ríos anchos, océano)	18-22
Océano (1)	5-10
Espuma de mar (surf)	25-30
Edificio con cubierta de cristal	5-40 (especular-dependiente del ángulo)
Estructuras de aluminio	50 (hasta 90 si es pulido)
Nieve sucia	59
Nieve fresca/reciente	86-88

<sup>a</sup> Adaptado de Sliney (1986).

- (1) Valores tomados de la tabla propuesta en IDEAM - Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales. <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/indice-ultravioleta-iuv/> Indicados como albedos (% de luz reflejada)

En la tabla anterior puede verse que las cubiertas vegetales del suelo, en general reflejan menos del 5 % del total de la radiación UV recibida; quien se coloca bajo una sombrilla en la playa, está recibiendo hasta un 18% de RUV reflejada; y un esquiador, recibirá reflejada hasta un 90 % de la radiación que impacta sobre la nieve fresca. La reflexión en el agua depende, entre otros factores, de la elevación del sol o su ángulo; puede variar desde el 10 % hasta el 65% para bajos ángulos<sup>7</sup>. La reflectancia es mayor para superficies blancas o claras

La reflectancia del suelo y de los objetos circundantes es importante, porque las partes del cuerpo que normalmente están a la sombra están expuestas a la radiación reflejada. La RUV reflejada es una importante fuente de exposición ocular.

<sup>7</sup> Fuente: ICNIRP Statement on protection of workers against ultraviolet radiation (2010)

### 2.1.7. Dispersión atmosférica

Tanto los componentes naturales como los contaminantes, presentes en estado gaseoso en la atmósfera, pueden inducir diferentes fenómenos ópticos con los RUV, como la absorción, reflexión, refracción y difusión que, en general, disminuyen la incidencia de las RUV, pero también, en algunos casos, también la pueden aumentar.

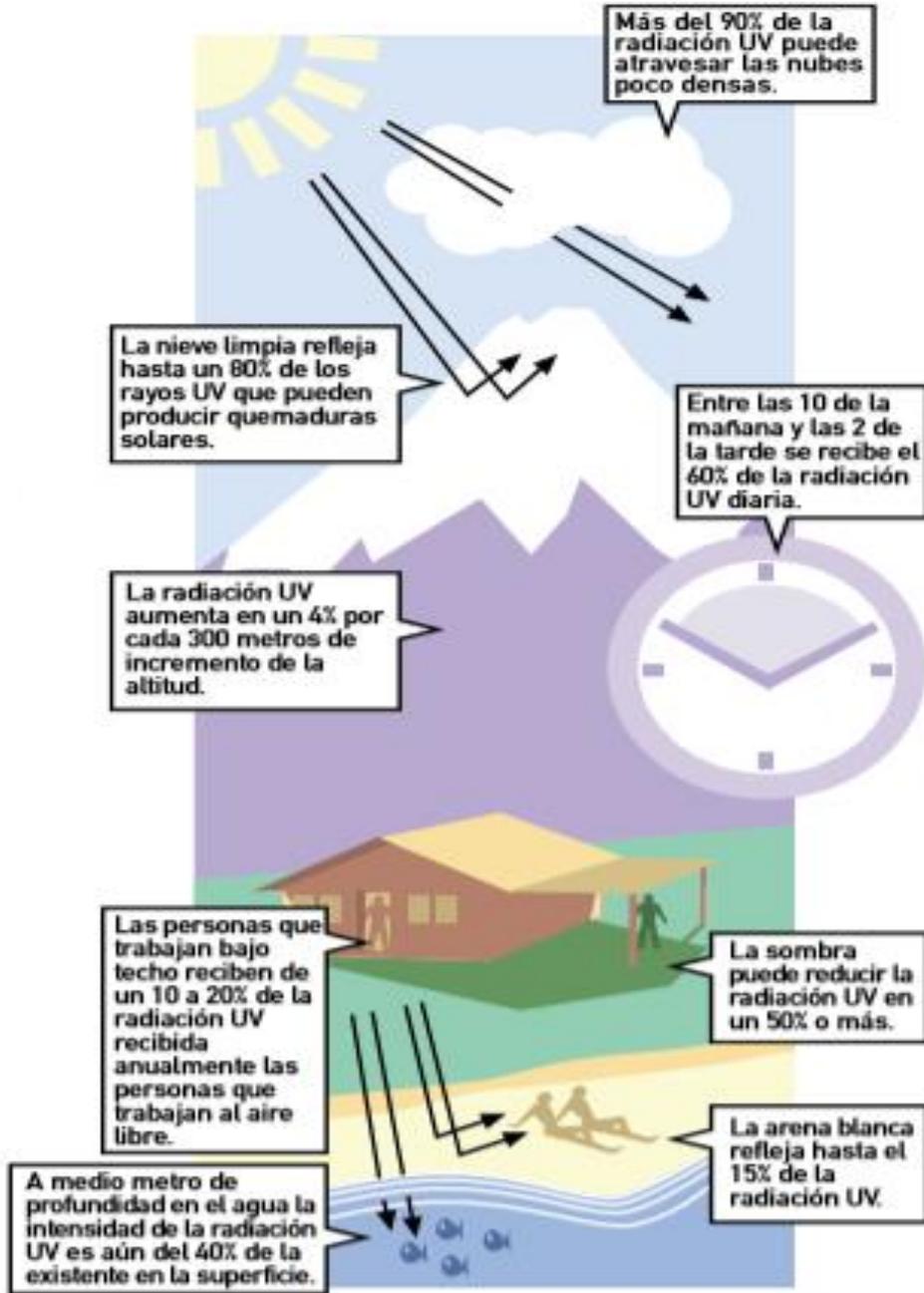


Figura 1.1 Imagen obtenida de Organización Meteorológica Mundial, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Comisión Internacional de Protección contra la Radiación no Ionizante. Índice UV solar mundial: Guía práctica. 2003. <http://www.who.int/>, ISBN 92 4 159007 6

## **2.2. Factores ocupacionales**

La exposición al sol puede ocurrir en dos momentos: los laborales y los sociales y recreativos. En el caso de los laborales, cuando los trabajos o tareas son a la intemperie, la exposición al sol es obligada, no deseada, mientras que en los recreativos es muchas veces buscada, expresándose a través del bronceado. En el segundo caso, los niveles de radiación UV absorbida cambian permanentemente y son difíciles de establecer. En uno y otro caso, los factores que influyen son:

### **2.2.1. Duración de la exposición**

La exposición a los RUV es acumulativa durante el día y depende de su intensidad y tiempo de exposición. En consecuencia, las dosis absorbidas son variables; por ejemplo, una exposición en horas del mediodía equivale a una exposición más extensa en otros horarios.

En términos de exposición ocupacional, la duración depende de la organización del trabajo y del lugar en donde se realizan las tareas (en el interior, al aire libre a la sombra, al aire libre a la intemperie).

### **2.2.2. Protección personal**

Cuando es inevitable estar a la intemperie, sin sombra o con riesgos de reflexión solar y es necesario reducir la exposición, se debe hacer uso de elementos y equipos de protección personal. Esto se detalla más acabadamente con las medidas de prevención de este documento.

### **2.2.3. Comportamiento**

La “cultura del bronceado” atenta contra una sana exposición al solar. También la subestimación de sus efectos y la historia personal de cada individuo influyen en su comportamiento frente a este riesgo.

En el trabajo, el comportamiento está también sujeto a la política interna de cada empresa y la importancia que tiene para quienes toman decisiones.

### **2.2.4. Geometría de la exposición**

Las RUV llegan al cuerpo no solo en forma directa sino de diferentes direcciones, producto de la reflectancia de las superficies y la dispersión atmosférica y de la nubosidad. A esto debe sumarse que las personas toman posturas que exponen de diversas formas al cuerpo, sea en actividades de esparcimiento como las laborales. Los órganos internos no reciben o la reciben en muy baja dosis, a la RUV. En cambio, son la piel y los ojos las partes que reciben casi el 100 % de la exposición. Para la piel, hay superficies más expuestas como la nariz, la frente y la parte superior de las orejas; en cambio la barbilla estará menos expuesta.

Un recolector de frutillas, uno de vid, un guardavida, un policía de tránsito, por decir algunos, adoptan posiciones de su cuerpo que implican direcciones de afectación muy distintas. Esto debe tenerse en cuenta al momento de evaluar la exposición solar.

Actualmente se están desarrollando modelos computarizados que integran radiación directa, difusa y reflejada<sup>8</sup>.

### **2.2.5. Fotosensibilizantes**

Ciertas sustancias químicas, medicamentos y plantas pueden causar hipersensibilidad a la RUV. Si se presentan reacciones dérmicas para exposiciones menores a los límites permisibles de RUV o niveles que anteriormente no le habían causado eritemas perceptibles, debe sospecharse tal posibilidad e investigarse su origen. Son numerosos los agentes que pueden que producen estos efectos. Se recomienda la lectura del siguiente texto en donde se enumeran varios de ellos, clasificados de la siguiente manera:

- A. Fotosensibilizadores en el entorno de trabajo doméstico
- B. Fotosensibilizadores en el entorno de trabajo al aire libre
- C. Fotosensibilizadores en el ambiente industrial / de trabajo
- D. Fotosensibilizadores administrados para fines médicos, drogas.

Se recomienda aplicar los conceptos consignados en el siguiente texto extraído de: International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, ICNIRP (2010), ICNIRP Statement on protection of workers against ultraviolet radiation, Health Physics 99(1):66-87<sup>9</sup>.

#### ***Fotosensibilizantes y el entorno de trabajo***

*Además del efecto perjudicial directo del fotón UVR absorbido en un componente celular, una reacción fototóxica puede estar mediada por un cromóforo que, después de absorber el fotón, ejerce un efecto perjudicial sobre un componente celular vital.*

*Por lo tanto, algunos productos químicos pueden sensibilizar la piel a los rayos UV (especialmente, UV-A); El proceso se denomina fotosensibilización y el químico un fotosensibilizador (Willis 1988). Una reacción fotosensibilizada es proporcional a la concentración del fotosensibilizador y a la magnitud de la dosis de exposición a UVR. Las moléculas fotosensibilizantes pueden ser endógenas, producidas por el cuerpo, o pueden ser exógenas, introducidas en el cuerpo desde el exterior.*

*Los fotosensibilizadores exógenos (Tabla 2.2) pueden ingresar a la piel desde la superficie o desde la sangre, originándose desde cualquier otra ruta hacia el cuerpo.*

*Los fotosensibilizadores exógenos (Tabla 2.2) se pueden encontrar en entornos de trabajo doméstico, lugares de trabajo al aire libre y en puestos de trabajo industriales. Además, los fotosensibilizadores más fuertes a menudo se administran con fines médicos, y los trabajadores expuestos a UVR deben ser conscientes de este potencial. Ciertas ocupaciones pueden encontrar fotosensibilizadores específicos. Por ejemplo, los tintes se encuentran en la industria textil, las plantas fotosensibilizadoras se encuentran en la agricultura, y algunas tintas encontradas en la industria de la impresión pueden contener un fotosensibilizador (por ejemplo, amildimetilaminobenzoato). Los techadores y los*

---

<sup>8</sup> Fuente: Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, ICNIRP (2010), ICNIRP Statement on protection of workers against ultraviolet radiation, Health Physics

<sup>9</sup> Ante cualquier duda recurra a la versión original en inglés.

trabajadores de la carretera se encuentran con alquitranes de carbón que son fotosensibilizadores.

Algunas personas que han estado expuestas a fotosensibilizadores y han experimentado una reacción fototóxica pueden presentar reacciones permanentes en la piel cuando se exponen solo al sol. Estos individuos se denominan fotorreactores crónicos. Algunos agentes fototóxicos pueden estimular una reacción inmunológica. Estas sustancias son foto-alérgenos. La magnitud de una reacción fotoalérgica depende solo de la amplitud de la reacción inmunológica, y puede reconocerse mediante la propagación de la reacción fotoalérgica más allá de la piel expuesta.

### Las reacciones químicas que revelan fotosensibilidad

Normalmente se requieren investigaciones clínicas y el uso de una batería de pruebas para identificar con precisión el origen de las reacciones cutáneas anormales. Una reacción exagerada de las quemaduras solares se asocia con una serie de medicamentos sistémicos (Tabla 2.2), pero típicamente con dosis moderadas de demetilclortetraciclina o altas dosis de otras tetraciclinas como la doxiciclina y la cloropromazina. Por ejemplo, las exposiciones a UV-A que normalmente son inofensivas pueden producir quemaduras solares leves, y las exposiciones a UV-B que normalmente producirían un eritema apenas perceptible pueden provocar reacciones graves.

El alquitrán de hulla, el alquitrán y varios de sus componentes, combinados con la exposición a la luz solar, producen sensaciones de picazón o ardor inmediatas en la piel expuesta. La exposición prolongada a la luz solar aumenta la intensidad de la "inteligencia de tono" y también produce eritema y una reacción de ronchas y erupciones. La hiperpigmentación de inicio tardío también puede resultar y aparecer en patrones extraños si se debe a salpicaduras (por ejemplo, con conservantes de madera). Finalmente, pueden producirse ampollas por fotosensibilización RUV que es más típica del contacto con psoralenos de plantas. La reacción se desencadena por el contacto con la savia de una planta que contiene psoraleno y la posterior exposición a la luz solar. El eritema, posiblemente doloroso, distribuido en un patrón claramente relacionado con el contacto con la planta, es primero alrededor de 24 horas más tarde. Las ampollas se desarrollan durante las siguientes 24 horas pueden unirse para producir un patrón de superficie localizado que a veces reproduce las huellas de las hojas, pero desaparece en unos días. Las anomalías de pigmentación pueden desarrollarse y persistir durante meses. La intensidad del eritema y la formación de ampollas depende de la dosis de exposición radiante UVR y la cantidad de fotosensibilizador en la piel. Cuando estos son bajos, solo puede aparecer eritema con un período latente de 72 horas o más, seguido de hiperpigmentación.

**Tabla 2.2 Fotosensibilizantes en el ambiente laboral.**

Fuentes	Ingredientes activos
<b>A. Los fotosensibilizadores en el entorno de trabajo doméstico</b>	
Bacteriostáticos en jabones	salicilanilidas halogenadas
Conservantes de la madera	creosota
Vegetales	Psoralenos en el apio y chirivía
Perfumes y cosméticos	5-metoxipsoraleno (bergapteno) en aceite de bergamota, almizcle ambrette, 6-etilcumarina
Protectores solares	ácido p-aminobenzoico (PABA), metoxicinamato de etilhexilo isopropil dibenzoilmetano, butilmetoxidibenzoilmetano

Desinfectantes y antisépticos	El azul de metileno, eosina y rosa de bengala
Tatuajes	sulfuro de cadmio
<b>B. Los fotosensibilizadores en el entorno de trabajo al aire libre</b>	
Plantas	furocumarinas: psoraleno, 8-metoxipsoraleno, 5-metoxipsoraleno
Umbelíferas	pimpinelina, sphondin, angelicina
Perejil gigante ( <i>Heracleum mantegazzianum</i> )	
Pastinaca de vaca ( <i>Heracleum sphondylium</i> )	
Pastinaca salvaje ( <i>Pastinaca sativa</i> )	
Tromsø palma ( <i>Heracleum laciniatum</i> )	
Rutaceae	
Ruda ( <i>Ruta graveolens</i> )	
planta de gas ( <i>Dictamnus alba</i> )	
naranja Bergamota ( <i>Citrus bergamia</i> )	
Moraceae	
Fig ( <i>Ficus carica</i> )	
<b>C. Los fotosensibilizadores en el ambiente industrial / de trabajo</b>	
Tintes a base de antraquinona	benzantrona; azul disperso 35
Hidrocarburos policíclicos	Brea, alquitrán de hulla, conservantes de la madera, antraceno, fluorantreno
Drogas	La clorpromazina, amiodarona
Tinta de impresión	ácido o-dimetilaminobenzoico amilo
Suplemento alimenticio para animales	Quinoxalina-n-dióxido de
<b>D. Principales fotosensibilizadores administrados para fines médicos- Drogas</b>	
Antibacteriano	tetraciclinas, sulfonamidas, ácido nalidixico, 4-quinolona
Tranquilizante	Las fenotiazinas (clorpromazina)
Antidepresivo	protriptilina
Diurético	clorotiazida, furosemida
Antiarrítmico	La amiodarona, metildopa, quinidina, propranolol
Anti-inflamatorio	El ibuprofeno, azapropazona, naproxeno
Antifúngico	griseofulvina
Bacteriostático	salicilanilidas halogenadas, bitionol, buclosamida
Topical antifúngico	fenticlor, hexaclorofeno
Antimalárica	Quinina
Terapias de fotos	
Fotoquimioterapia	8-metoxipsoraleno, 5-metoxipsoraleno, trimetilpsoraleno, khella
Terapia fotodinámica	Photofrin II



### 2.3. Factores individuales

Son aquellos propios de cada persona y que pueden generar una mayor predisposición a generar cáncer de piel, por exposición a las RUV. Estos son:

1. Piel blanca, ojos azules, verdes o avellanos, y cabello claro.
2. Historia de quemaduras solares múltiples y graves en etapas tempranas de la vida.
3. Múltiples lunares o pecas.
4. Sistema inmunitario debilitado, especialmente en pacientes con trasplante de órgano.
5. Edad avanzada.
6. Antecedentes familiares de cáncer de piel.
7. Fototipo o tendencia a quemarse en lugar de broncearse.

Se considera que el factor individual preponderante, considerando los efectos para la salud de los trabajadores, es el tipo de piel<sup>10</sup>. En la Tabla 2.3, se describe una de las clasificaciones más conocidas, la de los seis fototipos identificados por Fitzpatrick - basado en la pigmentación de la piel, la rapidez con la que puede quemarse y la capacidad de bronceado - que van desde la piel muy blanca - los más sensibles a los rayos UV para los efectos agudos y a largo plazo – hasta la piel negra, que necesita ser menos protegida.

**Tabla 2.3. Fototipos cutáneos según Fitzpatrick (adaptación)**

Foto Tipo	Respuesta de la piel (no protegida) expuesta al sol	Sensibilidad (SED)	Características pigmentarias
I	Se quema fácil y severamente; casi no se pigmenta (broncea) nunca y se descama (pela) de forma ostensible	2	Individuos de piel muy clara (tipo cético o albino), ojos azules, pelirrojos y con pecas en la piel. Su piel, habitualmente, no está expuesta al sol y es de color blanco lechoso.
II	Se quema fácil e intensamente, pigmenta ligeramente y descama de forma notoria.	2-3	Individuos de piel clara, pelo rubio, ojos azules o rojizos y pecas, cuya piel que no está expuesta habitualmente al sol, es blanca.
III	Se quema moderadamente y se pigmenta correctamente en un par de semanas	3-5	Razas caucásicas (europeas) de piel blanca, pelo castaño, que no está expuesta habitualmente al sol.
IV	Se quema modera o mínimamente y pigmenta con bastante facilidad y de forma inmediata al exponerse al sol.	5-7	Individuos de piel morena o ligeramente amarronada, con pelo y ojos oscuros (mediterráneos, mongólicos, orientales)
V	Raramente se quema, pigmenta con facilidad e intensidad (siempre presenta reacción de pigmentación inmediata)	7-10	Individuos de piel amarronada (amerindios, indostánicos, árabes e hispanos)
VI	No se quema nunca y se pigmenta profundamente (siempre presentan reacción de pigmentación inmediata)	10	Razas negras

<sup>10</sup> Solar Radiation Exposure and Outdoor Work: An Underestimated Occupational Risk. Alberto Modenese, Leena Korpinen, Fabriziomaria Gobba (2018).

Las personas de los grupos I y II deben ser muy cuidadosas al exponerse al sol ya que su piel se dañará fácilmente. Los grupos III y IV, incluyen a personas que, si bien pueden broncearse, también pueden quemarse y sufrir efectos importantes en la piel; por último, los grupos V y VI, muy pigmentados, tienen una muy buena protección natural con poco riesgo para tener cáncer de piel. Todos los grupos están expuestos a efectos oculares por las RUV.

La sensibilidad individual de la piel varía con el mencionado fototipo y el historial de exposición. La piel se autoprotege al broncearse (pigmentación) y engrosarse (acondicionarse) al exponerse al sol. Dado que el MED (dosis eritema mínima) es una unidad subjetiva de la exposición, se introdujo el SED, como unidad de la dosis estándar de eritema. En la columna de sensibilidad de la tabla anterior, puede verse que, a medida que la piel se quema menos al exponerse al sol para las mismas condiciones, el SED aumenta. Es decir, se necesita una dosis mayor para lograr el eritema.

El engrosamiento de las capas externas de la piel, parece un proceso de adaptación a las RUVB<sup>11</sup>.

Según se ha comprobado, más del 90% de los cánceres de piel no melánicos se producen en los fototipos I y II, con lo cual, la protección tiene que apuntar mucho hacia allí. Sin embargo, las personas de piel oscura también son sensibles a la exposición ocular y al sistema inmunológico.

---

<sup>11</sup> (Bech-Thomsen y Wulf 1996). Fuente: International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, ICNIRP (2010), ICNIRP statement on protection of workers against ultraviolet radiation.

## NOMENCLATURA Y UNIDADES DE REFERENCIA

Las radiaciones son cuantificadas por sus características físicas y por sus efectos biológicos.

### 3.1. Unidades según sus características físicas

Hablar de radiaciones ultravioletas implica caracterizarlas a través de una serie de unidades radiométricas<sup>12</sup>.

- La energía radiante o irradiada se expresa en Joules (J);
- La potencia o flujo radiante es la energía irradiada por unidad de tiempo o también llamada potencia en watt (W);  $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$
- La dosis es la energía irradiada por unidad de superficie ( $\text{J/m}^2$ );
- La irradiancia eritemática o tasa de dosis es la magnitud de radiación (UVB y UVA) en unidades de potencia incidente por unidad de superficie ( $\text{W/m}^2$ )
- Dosis efectiva es la dosis ponderada de acuerdo con su capacidad para producir un efecto biológico particular
- La irradiancia eritemática se determina como la magnitud de radiación (UVB y UVA) instantánea en unidades de potencia por unidad de superficie.
- Dado que los efectos producidos por la radiación ultravioleta se manifiestan con posterioridad a la exposición y tienen un efecto acumulativo, hay que introducir el tiempo de exposición.

**Tabla 3.1 Magnitudes radiométricas**

Magnitud	Sinónimo	Concepto	Unidad
<b>Energía radiante</b>	Energía irradiada		Joule = J
<b>Potencia</b>	Flujo radiante	Energía irradiada por unidad de tiempo	Watt = W = 1 J/s
<b>Irradiancia (E)</b>	Dosis radiante	Energía irradiada por unidad de superficie	J / m <sup>2</sup>
<b>Irradiancia eritémica</b>	Tasa de dosis	Radiación (UVB y UVA) en unidades de potencia incidente por unidad de superficie	W / m <sup>2</sup>
<b>Irradiancia efectiva (Eef)</b>	Dosis efectiva	Dosis ponderada de acuerdo con su capacidad para producir un efecto biológico particular	J / m <sup>2</sup>

<sup>12</sup> La **radiometría** es la [ciencia](#) que se ocupa del estudio de las mediciones de la [radiación electromagnética](#)

**Tabla 3.2 Equivalencias**

Unidad	Equivalencia
1 $\mu\text{W} / \text{cm}^2$	0,01 W / m <sup>2</sup>
1 W / m <sup>2</sup>	100 $\mu\text{W} / \text{cm}^2$
1 W	J / s
1 Wh	3600 J
1 KWh	3,6 MJ
1 mJ / cm <sup>2</sup>	10 J / m <sup>2</sup>
1 J / m <sup>2</sup>	0,1 mJ / cm <sup>2</sup>

### 3.2. Unidades según sus efectos biológicos

#### Definición del MED y SED

Al tratar los efectos biológicos de las RUV, se utiliza el MED<sup>13</sup>, que es la “dosis mínima de eritema”, y se la define como:

- La exposición radiante más baja a la RUV que es suficiente para producir eritema con márgenes nítidos entre 8 y 24 horas después de la exposición, es decir, un enrojecimiento apenas perceptible.
- Es la dosis de RUV necesaria para producir un enrojecimiento apenas perceptible de la piel expuesta

Cualquiera de las dos definiciones anteriores es totalmente válida.

También se propuso la “dosis estándar de eritema” (SED)<sup>14</sup>, como una unidad de dosis de radiación ultravioleta eritemáticamente efectiva equivalente a 100 J/m<sup>2</sup>.

**Nota: como se comentará al desarrollar los efectos biológicos, por eritema se entiende al "enrojecimiento" de la piel debido a procesos inflamatorios o inmunológicos.**

A diferencia de las unidades radiométricas, el MED y el SED están relacionadas con los efectos biológicos de la exposición, y se utilizan para otras valoraciones. Así es que aparece el índice UV cuya utilidad ha sido probada para comunicar a la población en general sobre las consecuencias de una exposición elevada a las radiaciones ultravioletas. Ese índice expresa el poder eritemal del sol y se define como 40 veces el poder eritemal efectivo expresado en W/m<sup>2</sup>.

<sup>13</sup> Por sus siglas en inglés, Minimal Erythral Dose. A los efectos de este trabajo se ha decidido mantener su forma original.

<sup>14</sup> Por sus siglas en inglés, Standard Erythral Dose

Mas adelante se retomará este punto.

# 4.

## EFFECTOS DE LA RUV SOBRE EL CUERPO HUMANO

El impacto más positivo de las RUV del sol sobre el cuerpo humano, es que favorecen su producción de vitamina D. Esto se debe a una reacción fotoquímica en la piel, que la sintetiza. La vitamina D ayuda al cuerpo a absorber el calcio, importante para los huesos. Su presencia en el cuerpo reduce los riesgos de osteoporosis<sup>15</sup>, osteomalacia<sup>16</sup> y raquitismo<sup>17</sup>. También se la menciona por su papel en los sistemas nerviosos, muscular e inmunitario.

En la siguiente tabla se exponen los efectos beneficiosos para ciertas enfermedades por la exposición a la radiación solar, según una extensa revisión de la literatura científica que realizara la OMS (2006, adaptado).<sup>18</sup>

**Tabla 4.1. Beneficios de la radiación ultravioleta solar**

Objetivo	Contribución para evitar enfermedades
Sistema óseo	Raquitismo, osteomalacia y osteoporosis en función de reducción de la producción de vitamina D*
Sistema cardiovascular	Hipertensión
sistema de linfopoyético	Linfoma no Hodgkin
Próstata	Cáncer
Pecho.	Cáncer
Colon	Cáncer
Desórdenes psiquiátricos	Trastorno afectivo estacional; Esquizofrenia; Bienestar general.
Otros	La artritis reumatoide, la diabetes tipo 1, la esclerosis múltiple (para el papel inmunomodulador de la radiación UV solar); tuberculosis (para el papel regulador de la radiación UV solar en la producción de vitamina D)

\* Efectos con una fuerte evidencia de causalidad según la OMS.

<sup>15</sup> Enfermedad ósea que se caracteriza por una disminución de la densidad del tejido óseo y tiene como consecuencia una fragilidad exagerada de los huesos.

<sup>16</sup> Síndrome que se caracteriza por un reblandecimiento de los huesos debido a la pérdida de sales calcáreas; es causado por una carencia de vitamina D.

<sup>17</sup> Enfermedad propia de la infancia, producida por la falta de calcio y fósforo y por una mala alimentación, que se caracteriza por deformaciones de los huesos que se doblan con facilidad y debilidad del estado general.

<sup>18</sup> Fuente: Solar Radiation Exposure and Outdoor Work: An Underestimated Occupational Risk Alberto Modenese, Leena Korpinen, Fabriziomaria Gobba (2018)



Por el contrario, el exceso de RUV solar sobre las personas, puede producir efectos dañinos a corto o largo plazo (agudos y crónicos).

Cuando los RUV y ondas de longitud más corta son absorbidos por la piel, hay moléculas específicas de los órganos diana – incluido el ADN-, llamadas cromóforos, que sufren efectos fotoquímicos. Estos efectos dependen de la dosis total recibida, obtenida como el producto entre la duración de la exposición (t) y la intensidad de la radiación (E). Esto quiere decir que una exposición a radiaciones de alta intensidad pero, por poco tiempo, puede dar efectos similares que una exposición a intensidades menores pero por más tiempo. Esta característica se conoce como el principio de reciprocidad de Fotobiología<sup>19</sup>, o Bunsen-Roscoe Ley de Fotobiología<sup>20</sup>

Los factores que influyen al evaluar el riesgo de la exposición son la intensidad de la RUV incidente sobre el cuerpo, la duración y la frecuencia de la exposición, la sensibilidad individual según el tipo de piel, la genética y otros.

Los órganos afectados son la piel, los ojos y el sistema inmune. La piel retiene la RUV en sus diferentes capas (epidermis, dermis, hipodermis), dependiendo de la longitud de onda. Las RUV de longitud de onda más larga penetran más profundamente. Por ejemplo, las RUV C son retenidas en la epidermis (estrato córneo de ella) y, en cambio, hasta el 25-50% de la RUV A puede alcanzar la dermis. Otros tipos de ondas más largas como las infrarrojas (la infrarroja A) o visibles, pueden llegar hasta la hipodermis. Las RUV no llegan a otros órganos del cuerpo.

**Tabla 4.2. Efectos adversos para la salud causados por la excesiva exposición a radiación UV solar**

Objetivo	Efectos adversos para la salud causados por la exposición excesiva a radiación solar	
Sistema inmune	Agudo	La reactivación de la infección por herpes labial virales latentes (1); supresión de la inmunidad mediada por células; aumento de la susceptibilidad a la infección; deterioro de la inmunización profiláctica.
	Crónico	La reactivación de la infección latente del virus del papiloma; alteraciones de la respuesta inmune (3)
Ojo	Agudo	Queratitis actínica; fotoconjuntivitis (1+2)); retinopatía solar (1)
	Crónico	Pterigion (1); catarata: (1+3) cortical, nuclear, y sub-capsular; queratopatía climática gotita; pinguécula; melanoma; degeneración macular; carcinoma de células escamosas corneal y conjuntival (1+3)
Piel	Agudo	Quemaduras solares (1); fotodermatitis (1) (fotoalérgica y fototóxica, es decir, reacciones cutáneas alérgicas y no alérgicas producidas por la luz).
	Crónico	Fotoenvejecimiento (1+3); queratosis actínica (1+2); carcinoma de células basales (1); carcinoma de células escamosas (1+2); melanoma maligno cutáneo (1)

Los números hacen referencia a la fuente bibliográfica que menciona tales efectos:

- (1) Efectos con una fuerte evidencia de causalidad según la OMS.
- (2) Dto. 658/96
- (3) Guía SRT

<sup>19</sup> La Fotobiología es la ciencia que estudia el efecto de la radiación no ionizante sobre los sistemas vivos

<sup>20</sup> Fuente: 13 Solar Radiation Exposure and Outdoor Work.en.es

La literatura científica indica que los límites umbrales de lesión, son significativamente diferentes según la longitud de onda de la RUV y del efecto obtenido. Es decir, los límites difieren bastante si se trata de la exposición a ondas de las regiones del UVB y UVC, comparando, por ejemplo, con efectos agudos como la queratoconjuntivitis y el eritema. Se busca en esos casos que exista una reciprocidad de efectos basados en el tiempo de exposición ( $t$ ) y la irradiancia  $E$  (que el producto de  $E$  y  $t$  sea constante para un efecto dado)

Los efectos perjudiciales se dividen en agudos y crónicos; en la tabla 4.2, se exponen aquellos reconocidos por la exposición a las radiaciones solares, según el órgano diana en los seres humanos (OMS 2006, adaptado)

#### 4.1. Efectos agudos sobre la piel

La radiación UV que impacta sobre la piel es mayor que la que efectivamente reciben las distintas capas de la piel, ya que cada rayo que incide tiene componentes, absorbidos, reflejados y dispersados.

La piel se protege de dos maneras frente a las RUV: 1) aumenta la cantidad de pigmento que oscurece la piel; 2) la componente UVB incrementa la proliferación celular para permitir el engrosamiento del estrato córneo (capa externa de la epidermis conformada por células muertas).

Las **quemaduras solares** por exposición a la RUV, consisten en la formación de eritema (enrojecimiento de la piel) que aparece entre minutos y pocas horas después de la exposición, con un pico entre las 8 y 24 horas, y que pueden durar varios días; dependiendo de su intensidad puede estar acompañado de ampollas. Son el efecto más directo observado en la piel después de la exposición al sol.

Distintos estudios han confirmado que el “umbral eritemal” varía con el sitio anatómico, la longitud de onda y el tiempo entre la exposición y la evaluación. A esto deben sumársele las diferencias clínicas entre el eritema mínimo y las técnicas de medición radiométrica. Se llegó a la conclusión que un análisis matemático de los espectros de acción obtenidos con monocromadores y láseres que el espectro de acción de referencia CIE<sup>21</sup> era un indicador válido de la efectividad eritemal de diferentes longitudes de onda de la RUV.<sup>22</sup>

La elasticidad y resistencia que tiene la dermis se logra por el contenido de fibras de colágeno. Estas fibras se descomponen frente a altos niveles de RUV, produciendo un envejecimiento prematuro de la piel.

Se llama **fotosensibilidad** al efecto que se produce en la piel de algunas personas por la exposición a niveles muy bajos de las RUV solares. También hay productos químicos, alimenticios y farmacéuticos que contienen ingredientes que pueden causar fotosensibilidad (ver 2.2.5 Fotosensibilizantes). Este efecto se pone en evidencia con erupciones o quemaduras exageradas.

---

<sup>21</sup> Comisión Internacional de Iluminación

<sup>22</sup> 04 Guía de límites de exposición - ICNIRPUV2004

## 4.2. Efectos a largo plazo sobre la piel

Los efectos sobre la salud pueden ser no cancerígenos y cancerígenos. Para los primeros distinguimos los siguientes:

- Sequedad. La piel pierde humedad por el engrosamiento de sus capas externas.
- Manchas. Pueden resultar una temprana señal de efecto solar, por la pequeña rotura de vasos sanguíneos.
- Envejecimiento. Son principalmente los rayos UVA los que alcanzan en un 80% la dermis, causando pérdida de la elasticidad natural de la piel (arrugas); la excesiva exposición genera, además, la apariencia de envejecimiento de la piel.

Pero en sus efectos más dañinos, la exposición a las RUV aumenta el riesgo de desarrollar cáncer de piel, el más común entre los seres humanos. La OMS, a través de la IARC, consideró que las investigaciones llevadas adelante durante años permiten confirmar que la exposición a RUV de origen solar aumenta el riesgo de desarrollar cáncer de piel, el carcinoma más frecuente del mundo<sup>23</sup>, según las siguientes formas:

**Tabla 4.3 Tipos de cáncer de piel**

Cáncer de piel no melanoma (95%) - CPNM	Carcinoma de células basales (CCB)
	Carcinoma de células escamosas (CCE) <sup>24</sup>
Cáncer de piel melanoma (5%)	Melanoma maligno (MM)

Nota: Las abreviaturas en inglés son: carcinoma de células escamosas (SCC); carcinoma de células basales (BCC)

La llamada queratosis actínica, marcada en el primer cuadro de este capítulo como enfermedad causada por los RUV solares es considerada un carcinoma de células escamosas; al conjunto de CPNM se los suele llamar también “carcinomas de queratinocitos”.

Tal como se observa en el cuadro superior, el 95 % de los cánceres son de piel no melanoma (CPNM) y el 5% restante de piel melanoma maligno (MM).

En la siguiente figura<sup>25</sup> pueden apreciarse las capas de la piel y las células afectadas para relacionarlas con el carcinoma correspondiente. Su ubicación, tienen relación directa con el tipo de RUV que le llega.

<sup>23</sup> El problema con las estadísticas es que dejan afuera el cáncer de piel no melanoma porque no es obligatoria su reporte en los registros de cáncer. Se pueden ver la página 24 de este documento: <https://www.cancer.org/content/dam/cancer-org/research/cancer-facts-and-statistics/annual-cancer-facts-and-figures/2020/cancer-facts-and-figures-2020.pdf>

<sup>24</sup> También conocido como carcinoma de células fusiformes

<sup>25</sup> Extraído de American Society Cancer:

<https://www.cancer.org/es/cancer/cancer-de-piel-de-celulas-basales-y-escamosas/acerca/que-es-cancer-de-piel-de-celulas-basales-y-escamosas.html>

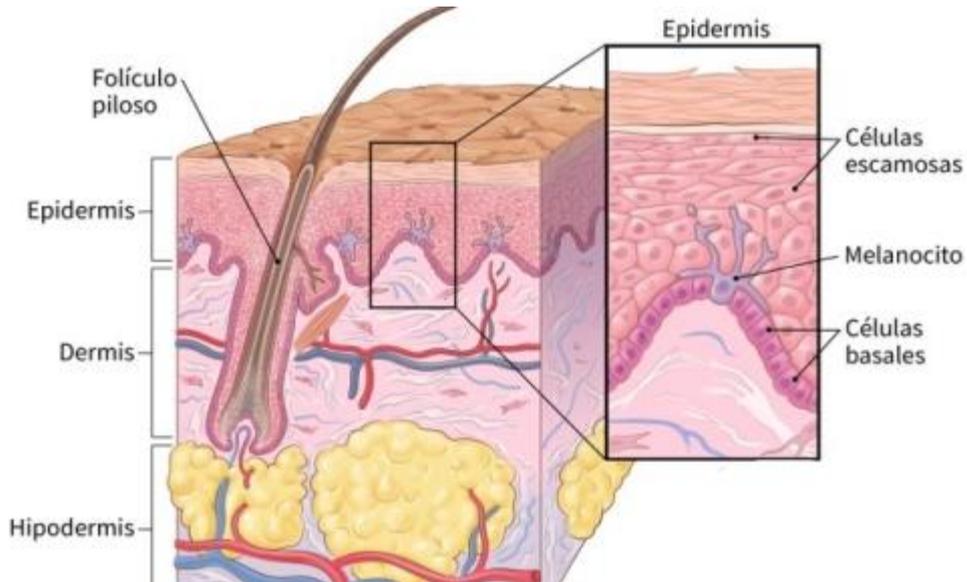


Figura 4.1. Corte esquemático de las capas que conforman la piel (imagen extraída de American Society Cancer)

#### 4.2.1. Cáncer de piel no melanoma (CPNM)

Según el estrato de células afectadas de la piel, los CPNM pueden ser de células basales (CCB) o de células escamosas (CCE). La mortalidad por contraer un CPNM tiene una baja probabilidad, pero puede ser muy desfigurante si no fue tratado a tiempo. Por la misma razón, el cáncer de células basales puede invadir el hueso u otros tejidos debajo de la piel, cercanos al área afectada.

Si bien aún no es posible establecer en forma exacta la relación dosis -respuesta, los estudios científicos y epidemiológicos arrojan datos adicionales para tratar de definir las variables de la exposición que inciden en la salud de las personas:

- Entre un 90 y 95 % de los cánceres de piel son CPNM y, entre los dos subtipos, la relación es de 4 CCB por cada CCE.
- Los CPNM ocurren mayormente en las zonas más expuestas al sol, como la cabeza y el cuello. Tampoco están exentos los antebrazos y manos y otras áreas del cuerpo de mayor exposición.
- El CCE es el más frecuente para las personas cuyas actividades transcurren al aire libre.
- En cambio, para el MM, las personas con actividades de interior muestran una tendencia mayor que quienes las tienen en el exterior (Armstrong y Krickler 1993; IARC 1992; PNUMA 1994).
- Todo indicaría que las personas mayores de 50 años de edad son más propensas a desarrollar cáncer de piel si sus actividades fueron al aire libre que en el caso contrario.
- Se estima que la incidencia se duplica cada  $10^0$  (aproximadamente cada 1000 km) que se acerca al ecuador.

- Mientras que el CCE parece estar fuertemente relacionado con la exposición solar acumulativa de por vida y los principales factores hereditarios, no sería tan convincente en el caso del CCB (Gallagher et al. 1995b), en donde tal vez influyan la exposición en la niñez y adolescencia y la exposición intermitente al sol, pero no hay nada comprobado sobre la dosis solar acumulada.
- El riesgo general de por vida de cualquier tipo de cáncer depende, entre otros factores, de la etnia y la geografía,<sup>26</sup> y ésta relacionada con la latitud, altitud y cobertura de nubes (PNUMA 1979).
- Los factores hereditarios, tal como la pigmentación de la piel, influyen sensiblemente en el desarrollo de CPNM, notándose particularmente en las personas del fototipo del grupo 1 (blanca, céltica).
- También inciden negativamente las pecas, los ojos de color claro, la prevalencia de manchas marrones en la infancia y la fotosensibilidad extrema o mala capacidad de bronceado.
- Los rayos UVB son los responsables del 96% de los casos de quemaduras producidas por el sol y del 65% de los cánceres de piel. Esto se debe a que al tener menos alcance y estar más activos durante el verano, los UVB interactúan sobre los niveles de melanina en nuestro organismo.
- Los rayos UVA solo puede producir eritema en las personas expuestas, pero solo a exposiciones radiantes muy altas (es decir, a 10 J/cm<sup>2</sup>, es decir, 100 kJ/m<sup>2</sup>) como lo demuestran ciertos estudios (Diffey et al. 1987; Parrish et al. 1982; Anders et al. 1995).

#### 4.2.2. Melanoma maligno

El melanoma es un tumor, un tipo de cáncer de piel, que se forma cuando los melanocitos (las células que contienen abundante melanina y que da la pigmentación a la piel) inician un crecimiento descontrolado

Con anterioridad a la década del 70, el cáncer de piel predominaba en la población trabajadora de intemperie, como los marinos o agricultores cuya exposición al sol era muy frecuente. Desde entonces, la incidencia de este tipo de cáncer se duplicó cada década debido, posiblemente a, por lo menos, dos factores: el primero, preponderante, un cambio cultural en el aprovechamiento del aire libre; el segundo, relativo pero que se mantiene en observación, el debilitamiento de la capa de ozono. Por tal motivo, todo indicaría que existe una relación inversa entre la latitud y la incidencia de melanoma. Sin embargo, a diferencia de los CCE, hay una baja incidencia en los trabajadores a la intemperie e, incluso, las tasas de mortalidad en Europa de los países nórdicos son más altas que las de los países mediterráneos, en Europa.

Al igual que con los CCB, parece que el historial de quemaduras, sobre todo durante la niñez y adolescencia, son factores particularmente críticos para desarrollar melanoma. Del mismo modo, tampoco se han determinado con certeza la relación con el espectro de RUV ni las condiciones de la exposición, que permitan definir el riesgo. Esto implica,

---

<sup>26</sup> Como ejemplo, el riesgo acumulativo de por vida de desarrollar MM es 1:90 para un estadounidense blanco. Este riesgo aumenta a 1: 7 para CCE y CCB en la misma población (Parkin et al. 1997)

que por ahora no hay evidencia suficiente con la exposición solar acumulada, es decir, su dosis de exposición.

La falta de relación de este cáncer de piel con las exposiciones a la intemperie, se explican por estudios que permitirían concluir preliminarmente que son los trabajadores de interior los de mayor riesgo. Esta aparente paradoja, se explicaría porque numerosos grupos de trabajadores de interior en general tienen mayores ingresos económicos que les permiten vacaciones en períodos más prolongados en regiones con altos índices UV, luego de largos tiempos sin exposición. En estos casos, la falta de bronceado incidiría mucho en la los efectos.

### 4.3. El ojo

Como se ha explicado anteriormente el riesgo por exposición a RUV de origen solar esta relacionados a un conjunto de factores, dentro de los cuales esta incluido el fototipo de piel y la capacidad de absorber o asimilar los rayos UV en cada uno de ellos; esto mismo no ocurre con los ojos, su susceptibilidad y posibles efectos adversos son independientes del fototipo de piel, dado que los medios transparentes del ojo no tienen ningún pigmento de melanina; entonces, no hay correlación entre la sensibilidad RUV del ojo y el tipo de piel.

Nuestros ojos se encuentran fisiológicamente diseñados para protegernos mayoritariamente de las agresiones ocasionadas por rayos UV; el ojo está cubierto por los párpados, hundido en las órbitas, protegido por el arco superciliar, así como también por las cejas y pestañas; la misma acción en la que entrecerramos los ojos frente a una fuente de luz excesiva, nos brinda una mayor protección y disminuye el ingreso de las RUV. Las pupilas también cumplen función al regular el ingreso de luz a los ojos, pero en condiciones extremas o en espacios al aire libre donde hay presencia de superficies con gran poder reflexión, la eficacia de estas defensas naturales se ve disminuida.

Por lo tanto, en las tareas que sean desarrolladas al aire libre, la exposición ocular será reducida tan solo por la acción de entrecerrar los ojos, que disminuye el ángulo de visión (Figura 4.2), y la protección de los rayos RUV superiores por la cresta de la frente (después de Sliney 1995)

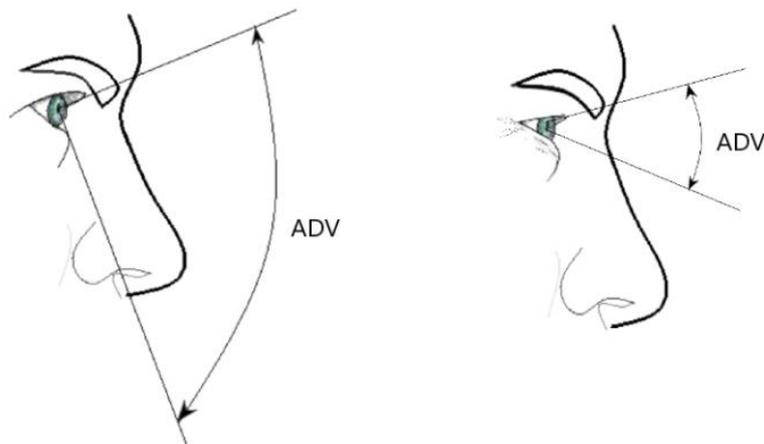


Figura 4.2, ADV (Angulo de Visión) o FOV (Field of View)

En días de alta nubosidad existe una reducción de los rayos UVB, por lo cual tendemos a tener una mayor apertura ocular, aunque, la tasa de dosis de UVB real que recibe el

ojo debido a la dispersión del cielo, apenas puede reducirse (Sliey 1995).

En aquellos trabajos realizados al exterior<sup>27</sup>, la exposición y la afección ocular esta intrínsecamente relacionada con la geometría solar, quedando mas propensos a recibir rayos UV cuando estos provengan directamente desde la parte frontal y/o lateral, generalmente en forma indirecta dispersada por la atmosfera o reflejada por las superficies que nos rodean.

Por ejemplo, durante el atardecer es posible observar directamente el sol, pero cuando éste se encuentra 10 grados por encima del horizonte nos encontramos nuevamente obligados a proteger nuestros ojos entrecerrándolos, acción que brinda protección a la córnea y la retina cuando la exposición es directa.

La córnea no posee tanta facilidad de adaptación durante exposiciones crónicas, como la piel, aunque puede haber engrosamiento del epitelio y otros cambios relacionados con las estaciones del año (Ringvold et al. 2003). Por el ello, la córnea es particularmente susceptible en exposiciones crónicas.

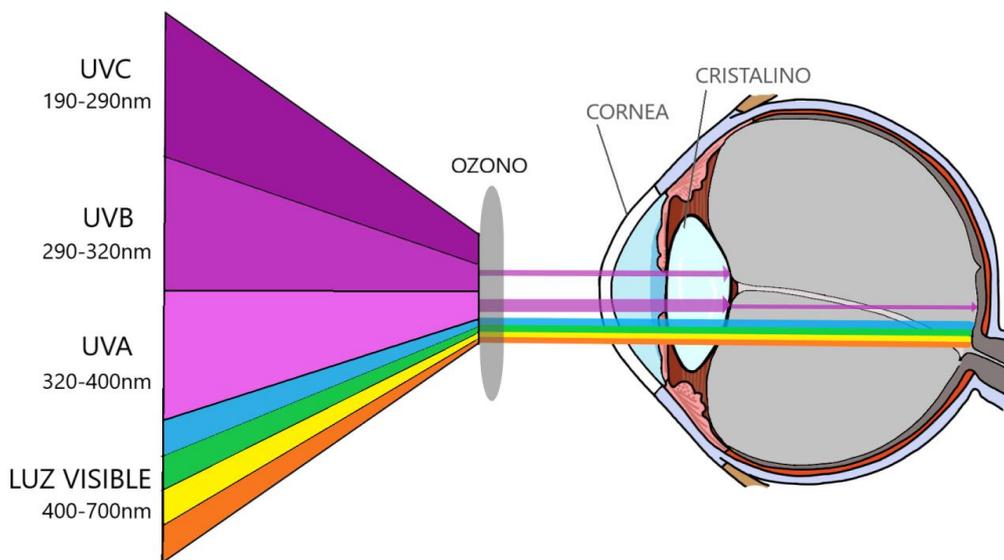


Figura 4.3, La córnea filtra Longitudes de onda inferiores a 290nm serán absorbidas casi completamente por la córnea, mientras que aquellas comprendidas en el rango de 300-370 nm serán atenuadas mayormente en el lente

La córnea es sensible en sí misma (Figura 4.3) y ha servido como un verdadero mecanismo de control de la exposición ocular cuando los cambios sutiles y transitorios de la córnea se correlacionaron con los valores de exposición a rayos UV ambientales (Sliey 1995). La atenuación que otorga el lente se incrementa con el avance de la edad (siendo un caso particular aquellos operados de cataratas, sin la implantación de una

<sup>27</sup> Trabajo al aire libre se define como se expone la SR durante al menos el 75% de su tiempo de trabajo., Según European Agency for Safety and Health at Work. Outlook 1. New and Emerging Risks in Occupational Safety and Health. European Risk Observatory; Office for Official Publications of the European Communities; Luxembourg; 2009. [(accessed on 26 July 2018)]. Available online: [https://osha.europa.eu/en/node/6842/file\\_view](https://osha.europa.eu/en/node/6842/file_view).

lente absorbente de RUV o, si no hay lente, donde una fracción significativa de la RUV incidente, de 290-400 nm, puede llegar a la retina).

Como habíamos mencionado, los factores influyentes en este tipo de exposición es la posición de sol, la ubicación del ojo en el rostro y la acción instintiva de entrecerrar los ojos frente a la exposición de los rayos solares y los rayos reflejados; los medios de comunicación oculares parcialmente transmiten y refractan la RUV. La refracción puede concentrarse directamente radiación incidente a una irradiancia más alta (Coroneo 1990) (Fig. 4.4). Por lo tanto, los efectos oculares del sol se encuentran principalmente en la parte nasal inferior del ojo exterior (Sasaki et al. 2003).

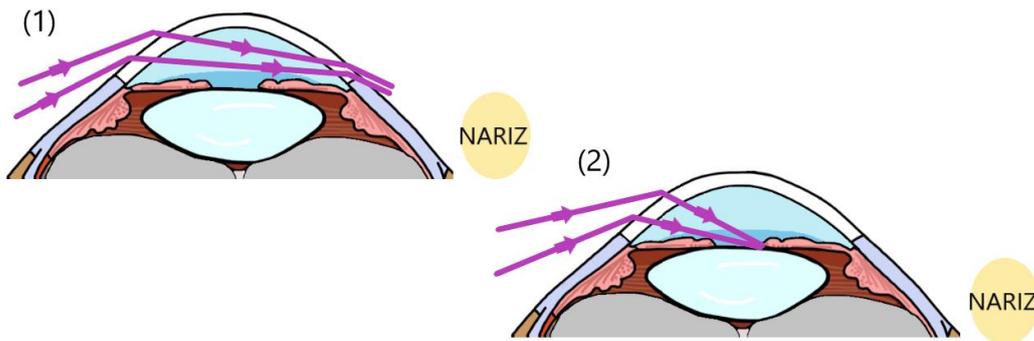


Fig. 4.4. La luz periférica focalizada alcanza (1) el limbo nasal y (2) al cristalino ecuatorial. La concentración de RUV en el ojo por la refracción, el efecto de Coroneo (Coroneo 1990)

### 4.3.1. Efectos agudos sobre el ojo

#### 4.3.1.1. Fotoqueratoconjuntivitis (fotoqueratitis y fotoconjuntivitis)

La fotoqueratitis es una quemadura solar en el ojo producto de la exposición única a RUV de origen solar (que en verano se puede dar en un corto periodo de tiempo, inferior a 1 o 2 horas). Es una enfermedad de carácter aguda, dolorosa, con corto periodo de recuperación y de carácter reversible. Esta afección se manifiesta principalmente como producto de los rayos UV cuando la reflectancia es superior al 15% en superficies tales como: la arena, el agua, el hielo y la nieve (“ceguera de la nieve”). También puede darse en forma artificial por el uso de cama solares o en tareas de soldadura (“resplandor del soldador”).

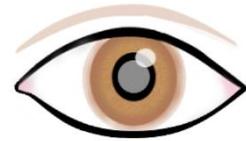
Los síntomas aparecen a las pocas horas de la exposición, van desde dolor, enrojecimiento, visión borrosa, inflamación, dolor de cabeza, sensación arenosa, lagrimeo, fotofobia, entre otros, dependiendo del tiempo de exposición. Los efectos de fotoconjuntivitis, que normalmente es acompañada por la fotoqueratitis, perduran cortos periodos de tiempo, lo que dura el proceso de reparación en la córnea y la conjuntiva.

### 4.3.2. Efectos crónicos sobre el ojo

#### 4.3.2.1. Cataratas

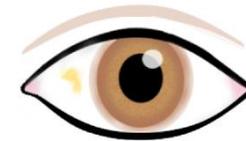
La catarata es una de las principales causas de ceguera en el mundo, relacionada con el envejecimiento a partir de los 40 años aproximadamente y, aún más frecuente, en mayores de 60 años. El cristalino, que es la lente natural del ojo, por efecto de la exposición a los rayos UV-B también es un factor contribuyente o participa en la producción de la ceguera o disminución de la visión. Este efecto es evolutivo conforme pasan los años, mientras que la lente comienza a perder proteínas ocasionando presentando opacidad del mismo, efecto de visión borrosa o nublada terminando por afectar la visión.

Los datos epidemiológicos muestran un mayor riesgo de catarata cortical con la exposición a los rayos UVB del sol (Taylor 1988, McCarty et al 2002, Sasaki et al 2002). La prevalencia de la enfermedad cegadora de cataratas en todo el mundo supera los 50 millones (Brian 2001, Thylefors 2001, OMS 1994). Los experimentos con animales han demostrado claramente que las exposiciones a RUV producen cataratas, pero los expertos no están de acuerdo sobre el grado de importancia que juega la exposición solar ambiental (Sliney 2002).



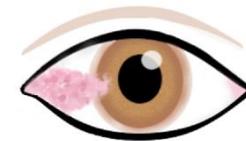
#### 4.3.2.2. Pinguécula

La pinguécula es un tumor benigno que se desarrolla en la conjuntiva, es de color amarillento, conformado por la acumulación de grasas y proteínas en la córnea, afectando su transparencia y ha sido epidemiológicamente asociado con la exposición a la radiación UV (Lim et al 1998, Taylor 1992).



#### 4.3.2.3. Pterigión

El pterigión es un crecimiento benigno de la conjuntiva ocular y avanza sobre la superficie de la córnea tornándola opaca y pudiendo dañar la visión. Los datos epidemiológicos apoyan firmemente una correlación entre la exposición crónica a RUV y pterigión (Taylor 1992, Taylor 2000, Sliney 2000).



Se da con mayor frecuencia en regiones tropicales y en aquellas personas que pasan más tiempo al aire libre, con mayor exposición a luz solar (mayor vinculado a los RUV-B por los rayos reflejados) y a su vez con la irritación crónica del ojo debido los factores ambientales tales como baja humedad, viento y el polvo.

#### 4.3.2.4. Degeneración macular (DMAE)

Alrededor del 1% de las RUV solares llegan a la retina y dicha dosis puede ser suficiente para causar daños en los tejidos. La degeneración macular, es una enfermedad crónica que afecta la mácula<sup>28</sup> y es una causa frecuente de ceguera intratable; se trata de una enfermedad lenta, que demora muchos años hasta que se aprecie una deficiencia visual.

Esta patología generalmente se comienza a evidenciar en personas comprendidas en el rango de 50-60 años, con antecedentes hereditarios o malos hábitos de salud

<sup>28</sup> La **mácula ocular** es una pequeña zona ubicada en el centro de la retina, que permite tener **la visión de los detalles y el movimiento**.

(alimentación, consumo de tabaco) u otros factores como ser la hipertensión arterial y la mala circulación sanguínea.

Hasta la fecha no hemos podido hallar suficiente información que determine su vinculación con las RUV de origen solar como causal único (mas que factor un agravante de aquellos preexistentes), a los fines de determinar su vínculo con el ámbito laboral.

#### **4.3.2.5. Melanoma Ocular**

Este tipo de cáncer se desarrolla en las células que producen pigmentos. Si bien se trata de un cáncer ocular común en los adultos, el melanoma ocular es muy poco frecuente. No existen causas determinadas que nos permitan conocer el origen de esta enfermedad. Aquellas personas nacidas con ciertos tumores en el ojo (nevus o lunares) u ojos claros poseen mayor predisposición genética a desarrollar el melanoma ocular<sup>29</sup>.

La exposición a Radiación UV de origen natural o artificial (cama solares) resulta uno de los factores de riesgo las para personas con los antecedente clínicos antes mencionados.

#### **4.3.2.6. Queratopatía Climática (QPC)**

La QPC produce un efecto degenerativo en la córnea, ocasionando turbidez o velamiento progresivo de sus capas más anteriores, pudiendo avanzar hasta su opacidad casi total.

La queratopatía climática generalmente afecta a personas mayores de 40 años y posee relación con los trabajadores rurales y otras actividades desarrolladas a la intemperie. Los factores ambientales son los que posiblemente jueguen el rol más importante, entre ellos los climas áridos y ventosos, tanto calurosos como fríos, y la exposición a radiaciones ultravioletas por falta de sombra<sup>30</sup>.

Es importante mencionar, que análisis de causales concretos de esta patología aún se encuentra en estudio.

#### **4.3.2.7. Carcinoma de células escamosas (CCE) de la córnea y la conjuntiva**

Las neoplasias escamosas conjuntivales son los tumores más frecuentes de la superficie ocular. Dentro de este espectro se encuentra el carcinoma de células escamosas (CCE) invasivo<sup>31</sup>. Es un tumor de crecimiento lento y generalmente afecta a los individuos entre los 50 y 75 años. Posee mayor incidencia en zonas geográficas cercanas al ecuador y al continente Africano, donde existe una alta exposición RUV de origen solar, la cual se considera uno de sus principales factores de riesgos. Mientras que existe baja incidencia en el desarrollo de esta enfermedad en continente Europeo y América del Norte, dado que la gente posee menor exposición a la luz solar ultravioleta, lo que apoya el rol de ésta en la génesis de la enfermedad. La presencia de lesiones

---

<sup>29</sup> <https://www.aao.org/salud-ocular/enfermedades/melanoma-ocular-causa>

<sup>30</sup> Urrets Zavalía, Julio Alberto , Queratopatía climática en la Argentina, Argentina, 2007

<sup>31</sup> Yin VT, Merritt HA, Sniegowski M, Esmaeli B. Eyelid and ocular Surface carcinoma: diagnosis and management. Clin Dermatol. 2015 Mar-Apr; 33(2)

cutáneas actínicas, como la Queratosis solar y el carcinoma escamoso de piel han sido asociados también entre sí.<sup>32 33</sup>

Diversos factores se han sido vinculado a este tipo de lesiones: radiación ultravioleta, humo de tabaco, piel clara, tratamiento con inmunosupresores e infecciones por virus de la inmunodeficiencia humana (VIH), virus del papiloma humano (VPH) y virus herpes (VH)<sup>34</sup>.

Hasta la fecha no hemos podido hallar suficiente información concluyente para determinar el vínculo entre las RUV de origen solar como causal única, teniendo en cuenta nuestra posición geográfica en el hemisferio.

## **4.4. Sistema inmunológico**

### **4.4.1. Efectos de la RUV sobre el sistema inmunológico**

Esta demostrado que la exposición solar en dosis moderadas brinda beneficios a nuestra salud, fortaleciendo y reforzando nuestro sistema inmunitario (siendo, por ejemplo, un factor fundamental en el proceso de generación de la vitamina D).

Por otra parte, en casos de sobreexposición las RUV actúan como inhibidoras del sistema inmunológico y de las defensas naturales de la piel; provocando ciertos efectos adversos, tales como, la disminución de las defensas y el incremento del riesgo de infecciones virales, bacterianas, parasitarias o fúngicas<sup>35</sup>.

---

<sup>32</sup> Coroi MC, Roșca E, Muțiu G, Coroi T. Squamous carcinoma of the conjunctiva. Rom J Morphol Embryol. 2011;52(1 Suppl):513-5. | [PubMed](#) |

<sup>33</sup> Lee GA, Hirst LW. Ocular surface squamous neoplasia. Surv Ophthalmol. 1995 May-Jun;39(6):429-50. | [PubMed](#) |

<sup>34</sup> Mata E, Conesa E, Castro M, Martínez L, de Pablo C, Gonzalez ML. Conjunctival squamous cell carcinoma: paradoxical response to interferon eyedrops. Arch Soc Esp Ophthalmol. 2014 Jul; 89 (7): 293-6

<sup>35</sup> Fuente <https://www.insst.es/-/cuales-son-los-efectos-sobre-la-salud-huma-10>

## EVALUACIÓN DE LA EXPOSICIÓN

### 5.1. Límites de exposición.

La exposición de las personas a la radiación solar tiene consecuencias, algunas favorables y otros no. Los efectos negativos pueden ser a corto y largo plazo, sobre la piel o sobre los ojos. De acuerdo a ello, se establecieron límites de exposición en donde las variables son el tipo de radiación incidente (UVA y UVB), el tiempo de exposición y la magnitud de la radiación, expresada como irradiancia (E). Dada la mencionada variación espectral de la radiación, la influencia de cada longitud de onda debe ponderarse, utilizando la irradiancia efectiva (Eef), que se calcula de la siguiente manera:

$$E_{\text{eff}} = \sum_{180}^{400} E_{\lambda} S(\lambda) \Delta \lambda \quad \text{en la que:}$$

$E_{\text{eff}}$  = irradiancia efectiva relativa a una fuente monocromática a 270 nm en W/cm<sup>2</sup>.

$E_{\lambda}$  = irradiancia espectral en W/ (cm<sup>2</sup> . nm)

$S(\lambda)$  = efectividad espectral relativa (adimensional)

$\Delta \lambda$  = anchura de banda en nm

A su vez, el tiempo máximo de exposición ( $T_{\text{max}}$ ), se calcula de la siguiente manera:

$$T_{\text{max}} = 30 \text{ J/m}^2 / E_{\text{ef}}$$

La irradiancia efectiva, se expresa en W/m<sup>2</sup>

Para un período de 8 horas el límite de exposición de la RUV para la piel y los ojos es 30 J/m<sup>2</sup>, valor que es contemplado en la fórmula anterior.

No es el objetivo de este documento profundizar en los límites de exposición, ya que se utilizan en las mediciones cuantitativas, que aquí no serán tratadas. Se sugiere seguir las pautas establecidas por la Res. SRT 295/03 de la República Argentina, coincidentes con las recomendaciones emitidas por la ACGIH y casi igual a lo recomendado por la ICNIRP. Como para toda definición de valores límites, la mencionada resolución dice:

*“Estos valores límite hacen referencia a la radiación ultravioleta (UV) con longitudes de onda en el aire comprendidas entre 180 y 400 nm y representan las condiciones en las que se cree que casi todos los trabajadores sanos pueden estar expuestos repetidamente sin efectos agudos adversos para la salud tales como eritema y fotoqueratitis. Estos valores para la exposición del ojo o de la piel se aplican a la radiación ultravioleta originada por arcos, descargas de gases o vapores, fuentes fluorescentes o incandescentes y la radiación solar, pero no a los láseres ultravioletas (véanse los valores límite para láser). Estos valores no se aplican a la exposición a radiaciones ultravioletas de individuos sensibles a la luz o de individuos expuestos simultáneamente a agentes*

*fotosensibilizantes. Estos valores no se aplican a los ojos afáquicos (personas a las que se les ha extirpado el cristalino en una intervención quirúrgica por cataratas) [véanse los valores límite para la radiación luminosa y del infrarrojo próximo]. Estos valores deben servir de orientación para el control de la exposición a fuentes continuas cuando la duración de la exposición sea igual o superior a 0,1 segundos. Estos valores sirven para el control de la exposición a las fuentes de ultravioleta, no debiendo considerárseles como un límite definido entre los niveles seguros y peligrosos.”*

La medición de la RUV depende de tantas variables (clima local, la tarea desarrollada, tiempos de exposición, geometría de la exposición, momento de la medición) que hacen dificultosa la aplicación de límites permisibles basados en las características físicas de las RUV. Esto ha llevado a la búsqueda de otras metodologías de cálculo de la exposición, que se desarrollaran a continuación.

## **5.2. Evaluación de la exposición a las RUV**

Los factores que influyen en la valoración de la RUV son dos: Intensidad y duración de la exposición. A su vez, estos están afectados por varias situaciones que constituyen también factores, que pueden dividirse de la siguiente manera:

- Factores ambientales;
- Factores Ocupacionales;
- Factores Individuales.

Debe tenerse en cuenta que este análisis se está haciendo desde el punto de vista del trabajador.

Los fototipos de piel no son considerados para la confección de un algoritmo ya que idealmente, pueden estar presentes todos los fototipos en el lugar de trabajo. Es cierto que el color de la piel es preponderante según las regiones o razas, pero se decidió prescindir de esta categoría para la evaluación del riesgo. Sin embargo, será el empleador, por medio de los especialistas (Servicios de Higiene y Seguridad y de Medicina Laboral) el deberá intervenir con los trabajadores según los fototipos de mayor riesgo.

Del mismo modo, la protección personal, será necesaria cuando surja de la evaluación del riesgo; el comportamiento y la geometría de la exposición son factores propios de cada actividad y que no pueden considerarse en esta instancia.

La nubosidad es una variable compleja y que posiblemente presente diferencias año a año. El Servicio Meteorológico Nacional de cada país proporciona esta información, pero se merece un análisis más profundo antes de considerarlo incorporada a los factores de la exposición. Esto se volverá a explicar más adelante, al hacer la evaluación del riesgo ocupacional

La dispersión atmosférica y el ozono (contaminantes en la atmósfera) están incluidas en los cálculos de IUUV del SMN.

En la tabla 5.1 se traslada este análisis a las variables en juego, buscando cuantificar su incidencia.

**Tabla 5.1. Factores y subfactores que inciden en la RUV y su grado de cuantificación**

<b>Factor</b>	<b>Subfactor</b>	<b>Cuantificable / Cualificable</b>
Ambiental	Elevación solar	Si
	Latitud	Si
	Altitud	SI
	Ozono	Si
	Dispersión atmosférica	No
	Nubosidad	No
	Niebla	No
	Reflexión de la superficie	Si
Ocupacional	Duración de la exposición	Si
	Protección personal	No a los efectos de cálculo
	Comportamiento	No a los efectos de cálculo
	Geometría de la exposición	No a los efectos de cálculo
Individual	Fototipo	No

De esta manera, los factores que se considerarán son el IUV para cielo despejado, la duración de la exposición, la frecuencia de esa exposición y la organización del trabajo.

### 5.3. Procesos de evaluación

Los efectos para la salud por la exposición a las RUV se vieron detalladamente en otros capítulos de este documento. Allí se explicó que por el Principio de reciprocidad de Fotobiología<sup>36</sup> los efectos fotoquímicos dependen de la dosis recibida, la cual podía ser el resultado tanto de una exposición de alta intensidad en poco tiempo, como una de baja intensidad en mucho tiempo. Las investigaciones y estudios epidemiológicos demuestran que la dosis de radiación prolongada a lo largo del tiempo, podía provocar algún tipo de cáncer de piel u ocular.

En consecuencia, al evaluar la exposición a las RUV tendremos en cuenta las dos formas en que el efecto puede generarse: en forma aguda o en forma crónica.

### 5.4. Exposición de corta duración

<sup>36</sup> Cuando el producto de la intensidad y el tiempo de exposición es consistente, el hecho fotoquímico es el mismo.

Esta situación se presenta cuando el trabajador se expone por poco tiempo a altos niveles de irradiación solar. Estas situaciones son frecuentes: cuadrillas de reparación en la vía pública, trabajos de mantenimiento de techos de fábricas o techos de tanques de una refinería, atención de un accidente en la ruta, entre otros.

Estos trabajos pueden ser llevados adelante por trabajadores de empresas cuyas actividades normalmente no están expuestos a dosis de radiación que los pueda considerar peligrosa para su salud, pero que, en cierto momento, deben realizar tareas de alta exposición en corto tiempo.

Se hace necesario entonces, definir tareas de alto impacto, que requieran ser monitoreadas en el momento y adoptadas medidas preventivas específicas, considerando una exposición aguda:

***Para todo trabajo realizado a la intemperie, cuya duración sea superior a las dos horas, durante el mediodía de meses que contengan la letra "r", el empleador deberá controlar el IUV en el parte meteorológico de ese día para su zona, y tomar acciones preventivas en caso que la intensidad de la radiación sea de 6 o mayor, y de acuerdo a la dosis potencial máxima esperada de RUV.***

## **5.5. Exposición de larga duración**

En este caso, debemos evaluar el riesgo al que pueden estar expuestos los trabajadores en donde las tareas y actividades se desarrollan con frecuencia a la intemperie. Al definir esta situación, los puestos de trabajo y los empleados asociados a ellos serán declarados para su control médico y seguimiento clínico histórico. Además, permite incorporar a la gestión de riesgos que debe llevar adelante cada compañía, el control de la exposición solar en forma integrada con el resto de los riesgos.

## **5.6. Evaluación cualitativa.**

Las mediciones en los lugares de trabajo son posibles, pero muy limitadas. Numerosas dificultades hay que enfrentar para lograr que se hagan y que sean correctamente tomadas. En consecuencia, la evaluación de la exposición por métodos cualitativos o semicuantitativos aparecen como los más efectivos.

En orden de tratar de poner en práctica ese tipo de evaluaciones, se desarrollarán dos métodos.

## 5.7. Método del ICNIRP<sup>37</sup>: evaluación de riesgos para trabajadores al aire libre

En la búsqueda de una metodología que se haya propuesto para esta evaluación, se encontró que la ICNIRP describe una basándose en la de David Sliney (1995) para la exposición ocular. Se analizan un conjunto de factores, tanto para la exposición cutánea como la ocular, a los cuales la metodología los cuantifica. Algunos de esos factores pueden tener cierta dependencia entre sí, aunque suman a la evaluación de la exposición al riesgo solar. Considera la ubicación geográfica del trabajo, la estación del año, la duración de la exposición, la nubosidad, la reflectancia del suelo y los niveles de protección. Se considera limitada la evaluación por medio de las mediciones específicas, pero también del Índice Solar Ultravioleta (IUV) para el caso de los trabajadores al aire libre, más que para las capacitaciones en prácticas de trabajo seguras.

Estos factores son estimados en las sucesivas tablas que se exponen a continuación:

### Factores de evaluación de riesgos por exposición de la piel

Tabla 5.2. Factor de elevación solar

Latitud Geográfica			
Temporada	Factor f1		
	> 50° N o S	30° - 50° N o S	<30° N o S
Primavera / verano	4	7	9
Otoño / invierno	0,3	1,5	5

Tabla 5.3. Factor de nubosidad

Cubierta de nubes	Factor f2
Cielo limpio	1
Parcialmente nublado	0,7
Cielo nublado	0,2

<sup>37</sup> Extraído de Protecting Workers from Ultraviolet Radiation, International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection In Collaboration with: International Labour Organization World Health Organization. ICNIRP 14/2007. 8. Exposure Assessment. 8.7 Hazard Evaluation and Risk Assessment for Outdoor Workers



**Tabla 5.4. Factor de tiempo de exposición**

Duración de la exposición	Factor f3
Todo el día	1
Una o dos horas alrededor del mediodía	0,5
Temprano en la mañana o tarde	0,2

**Tabla 5.5 Factor del albedo**

Reflectancia del suelo	Factor f4
Nieve fresca	1,8
Arena seca, olas de mar, hormigón	1,2
Todas las demás superficies, incluidas las aguas abiertas.	1

**Tabla 5.6 Factor de la ropa**

Ropa	Factor f5
Tronco, hombros y piernas desprotegidos	1
Tronco protegido, pero brazos y piernas expuestos	0.5
Completamente vestido con solo las manos y la cara expuestas	0,02

**Tabla 5.7 Factor de la sombra**

Sombra	Factor f6
Sin sombra, por ejemplo, campos abiertos, tundra, playa, océano	1
Sombra parcial, por ejemplo, viviendas de baja densidad, árboles dispersos.	0,3
Buena sombra, por ejemplo, vivienda de alta densidad, bosque, dosel	0,02

Una vez que se han asignado los factores para cada situación, se deben multiplicar juntos para determinar el factor de exposición como:

$$\text{Factor de exposición de la piel} = f1 \times f2 \times f3 \times f4 \times f5 \times f6$$

La siguiente guía debe usarse para categorizar la exposición y para determinar el nivel mínimo de protección requerido para el lugar de trabajo.

**Tabla 5.8 Factor de protección necesaria**

Factor de protección	Protección de piel necesaria
<1	Ninguna
> 1 pero < 3	Camisa, sombrero de ala
> 3 pero < 5	Camisa de manga larga, pantalón, sombrero de ala, SPF15 + protector solar
> 5	Modificar ambiente de trabajo y prácticas. Intenta crear algo de sombra. Camisa y pantalón de manga larga, sombrero de ala ancha, protector solar FPS 15 +

**Factores de evaluación de riesgos para la exposición ocular  
(adaptado de Sliney 1995)**

**Tabla 5.9. Factor de elevación solar**

Temporada	Latitud Geográfica		
	Factor f1		
	> 50° N o S	30° - 50° N o S	<30° N o S
Primavera / verano	4	7	9
Otoño / invierno	0,3	1,5	5

**Tabla 5.10. Factor de nubosidad**

Cubierta de nubes	Factor f2
Cielo limpio	1
Parcialmente nublado	1,5
Cielo nublado	0,8

**Tabla 5.11 Factor de tiempo de exposición**

Duración de la exposición	Factor f3
Todo el día	1
Una o dos horas alrededor del mediodía; Cuatro - cinco horas alrededor del mediodía	0,3 - 0,5
Temprano en la mañana o tarde	0,2

**Tabla 5.12 Factor de albedo**

Reflectancia del suelo	Factor f4
Nieve fresca	1,0
Arena seca, olas de mar, hormigón	0,1
Todas las demás superficies, incluidas las aguas abiertas.	0,02

**Tabla 5.13 Factor de protección ocular**

Anteojos	Factor f5
Ninguno	1
Anteojos de sol, sin sombrero	0,5
Anteojos transparentes sin sombrero de ala	0,2
Anteojos de sol o anteojos con sombrero de ala	0,02

**Tabla 5.14 Factor de sombra**

Sombra	Factor f5
Sin sombra, por ejemplo, campos abiertos, tundra, playa, océano	1
Horizonte bloqueado por colinas, viviendas, árboles dispersos	0,3
Horizonte y cielo inferior bloqueados por edificios altos / terreno	0,02

Una vez que se han asignado los factores para cada situación, se deben multiplicar juntos para determinar el factor de exposición como:

$$\text{Factor de exposición ocular} = f1 \times f2 \times f3 \times f4 \times f5 \times f6$$

La siguiente guía se puede utilizar para categorizar la exposición y determinar el nivel mínimo de protección requerido para el lugar de trabajo.

**Tabla 5.15 Factor de protección necesaria**

Factor de protección	Protección de piel necesaria
< 1	Ninguna
> 1 pero < 3	Sombrero de ala
> 3 pero < 5	Sombrero de ala y anteojos o anteojos de sol
> 5	Protección ocular envolvente y sombrero de ala

Conclusión: ambas metodologías podrían usarse en forma comparativa aunque utilizan factores diferentes. Deben analizarse sus diferencias con mayor profundidad.

### **5.8. Evaluación cualitativa, propuesta AHRA**

Al igual que la anterior, esta metodología parte de entender que la medición de las radiaciones solares a las que están expuestos los trabajadores en sus lugares de tareas, por medio de instrumentos, es particularmente difícil y sujeta a numerosas variables que se suman a la complicación.

En cambio, a diferencia de la anterior, este método utiliza el índice UV en forma indirecta. Esto facilita en parte la evaluación ya que se dispone del IUV en todo el planeta, y también en Argentina. El IUV se calcula con los datos de la ubicación del sol (altitud, latitud, longitud) y tiene en cuenta la fluctuación de la capa de ozono y de los aerosoles atmosféricos. Deja de lado las variables personales que están sujetas a la conducta de cada individuo, como el uso de protección personal y ropa, y la conducta histórica de su propia exposición.

La utilidad de este método también reside en la evaluación de la exposición crónica de los trabajadores, en donde se toma en cuenta la estacionalidad de las actividades y la posibilidad de proteger bajo sombra. Estos últimos puntos, condicionados por la propia organización para la cual se trabaja.

Las variables consideradas en esta metodología son:

- Intensidad de la RUV
- Tiempo de exposición
- Reflexión de la superficie
- Estación del año
- Organización del trabajo

Se hace necesario definir:

- **Trabajo a la intemperie** comprende a un conjunto de tareas de un determinado puesto y es aquel que se realiza al aire libre, en un tiempo promedio igual o superior al 75 % de jornadas de 8 horas promedio. El trabajo a la intemperie amerita la evaluación de la exposición crónica del trabajador a las RUV.
- **Tarea a la intemperie**, aquella que se realiza al aire libre pero no es habitual ni no es representativa del trabajo diario del empleado en cuanto a la exposición a los RUV. La tarea a la intemperie implica la evaluación de la exposición aguda del trabajador a las radiaciones UV.
- **Trabajos o tareas de interior**, aquellas que no se superan el 10% de jornadas de 8 horas promedio, al aire libre. En estos casos, la exposición es casual, mínima o ajena al trabajo propiamente dicho, y las personas tienen muchas veces la opción de resguardarse del sol: momentos de ocio o descanso, caminata hacia el comedor de planta o el local de comidas, salida a almorzar a la plaza cercana, trámites administrativos eventuales, etc. Típico de trabajos de oficinas o de procesos cerrados en plantas industriales.

Es decir, al calcular el tiempo de exposición al sol, lo definiremos como el tiempo de trabajo a la intemperie.

Los pasos para la evaluación son los siguientes:

### **Paso 1 » Análisis preliminar de la exposición**

Lo primero es determinar si el trabajo es de interior, de intemperie o mixto. Cuando el tiempo de las tareas al aire en forma promedio diario es del 10% o inferior para jornadas laborales de 8 horas diarias o 40 horas semanales, la influencia del sol sobre los efectos en la salud se desestima y no se sigue adelante con la evaluación. El trabajador se considera expuesto a un nivel aceptable de RUV y no hay que tomar medidas preventivas.

Cuando es superior al 10%, debe seguirse adelante con esta evaluación.

### **Paso 2 » Determinación de la Intensidad de la RUV**

La primera variable que se tomará en consideración es la intensidad de la radiación ultravioleta. Para ello, se adopta el índice de radiación ultravioleta (IUV) publicado diariamente por el SMN, como indicador confiable del valor de esa variable. Pero ese valor diario, por sí solo es insuficiente, por lo que se ha optado por promedios anuales en torno a un horario crítico determinado. El método parte de tomar como referencia un mapa de RUV que permita estimar el valor inicial del IUV en cada punto del país, para que cada especialista que lo aplique no tenga limitaciones geográficas para su validez. Luego de numerosas interconsultas y trabajos en colaboración con el Servicio Meteorológico Nacional de la República Argentina (SMN), esa institución colaboró en forma intensa aportando diferentes opciones y se decidió adoptar el mapa del IUV promedio anual para seis rangos. Cada rango, es un intervalo de valores del IUV promedio anual. En todos los casos, el SMN calcula el IUV promedio tomando los valores estimados diarios a lo largo del año para el mediodía solar en  $\pm 2$  horas. Este mapa (ver figura) fue provisto para condiciones de cielo despejado (sin nubes) y cielo nublado (con nubes); a los efectos de tener un margen de seguridad mayor de protección de los trabajadores, y teniendo en cuenta que la cobertura nubosa – si bien

cada región tiene a lo largo de cada año una frecuencia y tipo de nubosidad relativamente similar – no necesariamente es un parámetro de protección lo suficientemente confiable<sup>38</sup>, se adoptó el mapa sin considerar la nubosidad.

El índice solar UV obtenido de la forma mencionada, fue simplificado como  $IUV P_6$ , dividiendo al mapa en 6 regiones de iguales rangos de IUV distinguiéndolos por colores. Si bien desde el SMN advirtieron que no son exactamente los mismos colores que la paleta aprobada por la OMM, guarda similitud, permitiendo apreciar con mayor facilidad el riesgo creciente de la exposición.

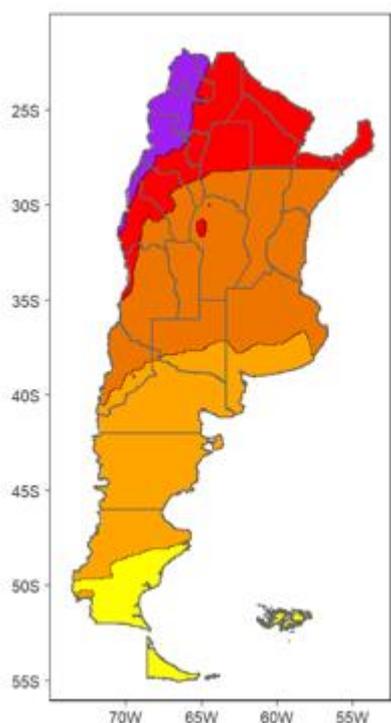


Fig. 5.1.  
Mapa de la Media anual del IUV  
Sin nubosidad

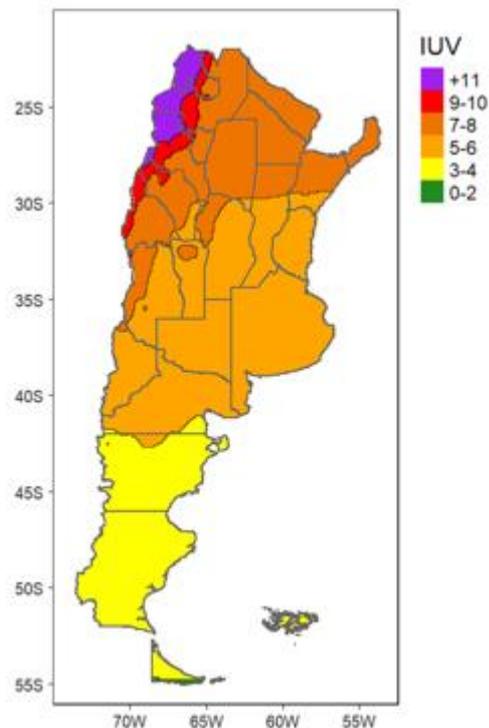
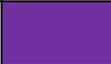


Fig. 5.2  
Mapa de la Media anual del IUV  
Con nubosidad

Como este método sale a discusión pública, pareció apropiado mantener como información adicional el mapa con cubierta nubosa, para que los profesionales interesados en ahondar en opciones lo tengan de referencia también. Por ejemplo, para toda la provincia de Entre Ríos, en el Mapa de Fig. 5.1, le corresponde una media anual del IUV entre 7 y 8, mientras que, si se considerara la nubosidad, sería entre 5 y 6 (Fig. 5.2).

El mapa sin nubes, fue colocado en formato ampliado como anexo de este documento, junto a otro plano con divisiones políticas, para facilitar las ubicaciones geográficas de las localidades. Entonces, el mapa quedó dividido en los siguientes rangos de IUV<sup>6</sup>:

<sup>38</sup> De hecho, cómo se explicó en capítulos anteriores, en ciertas ocasiones hasta puede afectar a la intensidad solar en forma inversa, aumentando el riesgo de la exposición.

Rangos de IUV <sub>6</sub>	Color
≥ 11 - Violeta	
9 - 10 - Rojo	
7 - 8 - Naranja intenso	
5 - 6 - Naranja	
3 - 4 - Amarillo	
0 - 2 - Verde	

De acuerdo a la región del mapa en la que nos encontremos, la intensidad de la radiación UV, será mayor o menor.

### Paso 3 » Cálculo del Tiempo de exposición

Se trata de una variable casi tan importante como la anterior, que es el tiempo que los trabajadores están expuestos a la radiación solar directa. El riesgo será comparativamente menor para una persona que esté en una región de alta intensidad de RUV, aún siendo extrema, pero que sus tareas se realizan en edificios cerrados (como por ejemplo las actividades administrativas); mientras que, puede ser importante, si se trabaja al aire libre la mayor parte del tiempo en una región de riesgo de RUV intermedio. La determinación del tiempo de exposición será, tal vez, una de las cuestiones de mayor complejidad según el puesto de trabajo y la tarea. En este sentido, el evaluador deberá hacer un análisis tan exhaustivo como sea posible del tiempo al cual está expuesto a la RUV, pero tomando en cuenta algunas aclaraciones para ese cálculo o estimación.

No necesariamente realizar actividades fuera de una edificación implica estar expuesto a las radiaciones UV. Los espacios de sombra y momento del día en que se trabaja (horarios nocturnos, por ejemplo) reducen esta posibilidad.

En esta estimación del tiempo de exposición, no influye la hora del día en la que se trabaja, mientras haya sol. Sin embargo, se hará una evaluación preliminar del tiempo de exposición al aire libre y si éste es inferior al 10% del tiempo total considerando 8 horas diarias o 40 horas semanales, se considera que la exposición es mínima y no debe seguirse con la evaluación. No hace falta tomar medidas preventivas, salvo para los casos de exposiciones agudas que se analizan más adelante, pero cuando las tareas son rutinarias o eventualmente a la intemperie.

Este método que se propone no distingue la exposición ocular de la dérmica. A los efectos de la determinación de la exposición, se consideró la peor situación, tomando ambas formas de contacto similares, lo cual puede no ser necesariamente así.

No se tienen en cuenta el uso de ropa, elementos de protección personal, sombreros o cremas solares de protección.

**Paso 4 » Cálculo de Índice de Riesgo Inicial (I<sub>RI</sub>)**

Observando el mapa de IUVP<sub>6</sub> sin nubes (de acuerdo a la ubicación geográfica del puesto de trabajo que se esté analizando), se extrae de él el valor de IUVP<sub>6</sub> columna izquierda y, junto con el tiempo de exposición solar o tiempo del trabajo al aire libre (fila superior) calculado en el paso anterior, determino el índice de riesgo inicial I<sub>RI</sub>. Lo llamamos riesgo inicial porque aún no está afectado por las otras variables que este método contempla. Estos pasos se deben verificar en la tabla 5.16.

Cabe aclarar que se decidieron adoptar cuatro rangos de tiempos de exposición, variando un 25 % entre uno y otro. A mayor tiempo de exposición, mayor riesgo, lo que se expresa por medio de un valor numérico ascendente del I<sub>RI</sub> desde 1 hasta 5, A mayor número, mayor exposición.

**Tabla 5.16 Índice de riesgo inicial (I<sub>RI</sub>)**

Región IUVP <sub>6</sub>	Tiempo al aire libre			
	≥ 75%	50-75 %	25-50 %	< 25%
≥ 11 - Violeta	5	5	4	3
9 - 10 - Rojo	5	4	3	2
7 - 8 - Naranja intenso	4	3	2	1
5 - 6 - Naranja	3	2	1	1
3 - 4 - Amarillo	2	1	1	1
0 - 2 - Verde	1	1	1	1

**Comentarios:**

- Los colores en esta tabla no se corresponden con los colores del mapa, aunque también marcan una graduación del I<sub>RI</sub> (los colores más intensos, indican valores más altos).
- El porcentaje del tiempo al aire libre refiere al tiempo diario promedio, a lo largo del año, que un trabajador está expuesto al sol. En consecuencia, por aire libre se entenderá a la ausencia de un elemento que genere sombra sobre el cuerpo de la persona. No debe relacionarse necesariamente con la exposición en espacios verdes, o turísticos propios del esparcimiento. Un trabajador de la construcción que se encuentra ayudando en el hormigonado del último penúltimo piso de un edificio, sino está al sol, no está al aire libre tal como lo estamos tratando de interpretar para estas definiciones y metodologías. Por el contrario, un chofer de un ómnibus de larga distancia o el conductor de un tractor de última generación, con cabina acondicionada, no estarán expuestos a radiación solar directa, aunque puede ser que sí estén afectados por la radiación indirecta o difusa.
- Los valores de la tabla anterior representan el Índice de Referencia Inicial (I<sub>RI</sub>), obtenido de la combinación del índice solar de radiación ultravioleta promedio para 6 rangos de evaluación (IUVP<sub>6</sub>) del mapa de página anterior, y el tiempo expresado como el porcentaje promedio diario a lo largo del año en que un trabajador realiza sus tareas en un puesto de trabajo determinado.

- Como puede apreciarse, cobra particular importancia el cálculo del tiempo de exposición, y en ello el higienista ocupacional debe poner especial énfasis para lograr un correcto resultado final.

### **Paso 5 » Adicionales y Descuentos (Coeficientes aditivos y sustractivos)**

De las variables adicionales a considerar para definir el grado de exposición del trabajador a las RUV de origen solar, se ha decidido tomar las siguientes tres, porque son las que mejor pueden obtener el higienista al momento de evaluar la exposición de cada puesto:

- Reflexión de la superficie
- Estación del año
- Organización del trabajo

#### **A- Adicional de Reflexión de superficies ( $A_R$ )**

Cuando la reflectancia de las superficies circundantes al trabajo a la intemperie es alta (reflectancia superior al 50 %, como, por ejemplo, nieve fresca o espejos de agua), deben sumarse 2 (dos) puntos y, cuando es media (reflectancia entre el 8 y 50%, como por ejemplo pavimento de hormigón o arena) se le sumará 1 (un) punto, al valor obtenido del cuadro anterior.

En caso que el trabajo se realiza mayormente (tiempo de exposición al aire libre inferior al 5%) en el interior de edificios, sin influencia por reflexión de la luz solar, o que el índice de reflexión de los objetos sea  $\leq 5\%$ , este ítem vale 0 (cero) punto.

En el capítulo 2 tabla 2.1 de este documento encontrará la tabla de valores de referencia de reflectancia de superficies.

#### **B- Descuento estacional ( $D_E$ )**

Cuando las tareas se realizan en forma exclusiva o en una proporción de tiempo muy significativa durante los meses de primavera, otoño o invierno, y muy poco o nada en verano, debe restarse 1 (un) punto al valor obtenido del cuadro anterior.

Cuando la estacionalidad no beneficia, no se restan puntos.

#### **C- Descuento por la Organización del trabajo ( $D_O$ )**

Cuando el trabajador tiene la opción y libertad para trabajar a la sombra o con protección por aplicación de medidas de ingeniería frente a los reflejos, en los horarios de mucha intensidad de RUV solar, o cuando pueda suspender su tarea en esos horarios, debe restarse 1 (un) punto al valor obtenido del cuadro anterior.

Cuando la organización no beneficia, no se restan puntos.

#### **Observaciones:**

Para todo trabajo considerado a la intemperie (> 75% del tiempo al sol) se deberá contemplar lo siguiente:

- Si transcurre en la región violeta ( $I_{UV6} \geq 11$ ) o roja ( $I_{UV6} 9 -10$ ) del mapa de radiaciones UV, independientemente de los punitivos y descuentos, será considerado de alto riesgo (valor 5).
- El empleador deberá controlar diariamente el parte meteorológico para su zona, registrando el IUV, y tomar acciones preventivas en caso que la intensidad de la radiación así lo exija.

## **Paso 6 » Cálculo del Índice de Riesgo Final ( $I_{RF}$ )**

### **Resultados y recomendaciones**

El Índice de riesgo final ( $I_{RF}$ ) es el resultado de sumar o restar al  $I_{RI}$  los puntajes consecuentes de la reflexión de las superficies, la estacionalidad de las tareas y la forma en que se realizan el trabajo. Servirá para conocer no sólo el grado de exposición a las RUV sino también los niveles de intervención de acuerdo a su valor. Se obtiene con la siguiente expresión:

$$I_{RF} = I_{RI} + A_R - D_E - D_O$$

#### **Ejemplo**

Se trata de un operario de mantenimiento y obra civil de una planta industrial ubicada en Puerto Madryn. Al analizar las tareas promedio a lo largo del año, se determinó que:

Tareas a la intemperie: acceso a techo de tanques de materia prima; recorrido y reparación exterior de cañerías y fugas; mantenimiento preventivo de equipos de producción al aire libre, etc.

Tiempo de exposición solar estimado (Tiempo a la intemperie tal como se definió) = 5 horas sobre una jornada de 8 (se descontaron los tiempos de descanso, almuerzo y desayuno) = 62,5%

Al observar el plano de  $I_{UV6}$ , la localidad está en el rango naranja (5-6). Ingresando a la tabla 3.16 obtengo un valor del  $I_{RI}$  de 3

Valor del punitivo de albedo (reflexión)  $P_r = +1$

Valor del descuento estacional:  $D_e = -1$

Por decisión de la empresa, las tareas externas se incrementan en los meses fríos y en el resto del año se realizan bajo techo o en condiciones muy menores.

$D_o = 0$  (el operario no puede elegir trabajar a la sombra)

$I_{rf} = 3$

El resultado del  $I_{RF}$  calculado según la expresión anterior da una idea razonable del nivel de exposición y las consecuentes medidas que los empleadores deberán tomar (las cuales se desarrollan en el capítulo correspondiente). En la tabla 5.17, se hace una comparación de los niveles de intervención que se requerirán.

**Tabla 5.17. Nivel de intervención requerido**

Resultado	Acciones
$\geq 5$	Protección máxima.
4	Requiere protección.
3	Protección moderada.
2	Protección mínima a evaluar según las circunstancias
$\leq 1$	No requiere protección. Guiarse estrictamente por el IUV diario.

### 5.9. Actividades y tareas con mayor riesgo

La exposición al sol depende de numerosos factores que ya fueron enumerados, como la altura, la latitud, el tiempo de permanencia al sol, las ropas y protecciones personales utilizadas, el uso de protectores solar, la parte del cuerpo expuesta, etc.

La información disponible aún no es del todo detallada ni completa para todas las situaciones que se pueden presentar. Las partes del cuerpo más expuestas son la nariz, la frente y la parte superior de las orejas, comparándolas con las axilas o la garganta (barbilla).

Las dosis de exposición anual acumulada varían muchísimo según la ocupación y las actividades a la intemperie. Atendiendo a que los órganos fundamentalmente afectados son la piel y los ojos, la incidencia de la luz solar en forma directa o difusa tomar particular relevancia con la reflectancia de las superficies circundantes.

Las mediciones con instrumental adecuado son necesarias para establecer en forma cuantitativa ese nivel de riesgo. Sin embargo, en la gran mayoría de los casos, no existen o son insuficientes si no se realizan en forma estadística, no individual, ya que las variaciones pueden ser enormes. Los dosímetros personales pueden dar una referencia, pero sus resultados deben tomarse con precaución.

Para representar el grado de exposición, se utilizan las unidades MED y SED, ya explicadas anteriormente. A mayor valoración de cualquiera de las dos, mayor exposición y riesgo.

En el siguiente cuadro, se sugieren una serie de actividades y tareas en las cuales la exposición es importante y debe prestárseles especial atención. No obstante, siempre debe primar la evaluación del riesgo por parte de los profesionales higienistas utilizando las herramientas disponibles con una dosis de criterio. Las actividades detalladas se corresponden con las realizadas al aire libre, pero es parte de la evaluación más compleja, establecer la duración diaria promedio de dicha exposición a lo largo del año.

En este documento se aporta una metodología de evaluación cualitativa del riesgo que permite establecer el grado de exposición del trabajador, teniendo en cuenta unas

pocas variables. El cuadro anterior es una guía no exhaustiva ni definitiva. Debe hacerse esa evaluación y repetirse periódicamente para contrastar los resultados y asegurar la protección y control del trabajador.

**Tabla 5.18 Actividades y tareas en donde se presupone una mayor exposición solar de los trabajadores**

Actividad	Tarea (Puesto de trabajo)
Agricultura	Conductores de maquinaria agrícola
	Personal de cosecha
	Horticultores
Construcción	Hormigonado
	Demolición
	Pintores de exteriores
	Albañiles
	Colocación de vidrios exteriores
	Silleteros / limpiadores de ventanas exteriores en altura
	Construcción vial
	Gruista
	Techadores (cubiertas, membranas)
	Trabajos de construcción en montaña
Trabajos en grades obras de superficie	
Deportes y ocio	Deportistas de profesiones al aire libre
	Instructores de esquí.
	Profesores de educación física (a la intemperie)
Socorro	Guardavidas (balnearios, piletas sin techar)
	Rescatistas de montaña
Seguridad	Agentes de tránsito
	Agentes policiales de playa
Jardinería	Jardinero
Minería	Minería a cielo abierto, canteras
Pesca y navegación	Personal de cubierta

Los puestos o actividades de interior, prácticamente no se tienen en cuenta como situación de riesgo, aun cuando tienen un riesgo social de exposición al sol que puede ser alto. En muchos casos, será difícil dividir entre la magnitud de la exposición ocupacional de la social y, es probable, que personas que cultivan una intensa vida al aire, sin cuidarse del sol, tengan exposiciones acumuladas mayores a las de trabajadores con cierta situación de riesgo.

## 5.10. El índice solar UV y su utilidad

La medición de las RUV de origen solar que llegan al cuerpo humano en la superficie de la tierra está sujeta a dificultades. La dirección de incidencia de los rayos, la estación del año, día y hora en que se realiza la medición, la geometría de la exposición (movimiento del cuerpo y posiciones adoptadas), el tiempo de exposición y el comportamiento humano, son factores difíciles de evaluar, aún con dosímetros personales. Además, los límites de exposición son de difícil aplicación, sobre todo en cuanto a los efectos oculares.

Esta complicación conlleva obstáculos para entender e interpretar los riesgos que implica la exposición al sol. Para superar esto, un conjunto de organizaciones internacionales (OMS, OMM, Programa Medioambiental de las Naciones Unidas e ICNIRP) desarrollaron el **ÍNDICE SOLAR MUNDIAL UV (IUV)**, el que fue estandarizado por la ISO/CIE.

El IUV es una medida de la intensidad de la radiación UV solar en la superficie de la tierra. Es un número adimensional entero y superior a cero, que expresa en una escala lineal que, cuanto más alto sea, mayor es la probabilidad de generar lesiones cutáneas y oculares a las personas, y que, además, tardan menos en producirse esas lesiones. Varía de 1 a 23; cuando supera el valor de 11 se lo considera una exposición extrema.

Se calcula tomando en cuenta las bandas de longitudes de onda entre los 280 a 400 nm; cuanto más corta es la longitud de onda, mayor poder de penetración dérmica tiene, ocasionando mayor efecto en la piel. Desde un punto de vista teórico (iguales condiciones al compararlo), la mencionada linealidad de la escala del IUV, la cantidad de radiación que alcanza la piel, a modo de ejemplo, en una hora de exposición a IUV 4, equivale a media hora en IUV 8.

EL IUV es una herramienta comunicacional para representar el poder eritemal del sol, para el público en general, pero también muy útil para visualizar el riesgo de las exposiciones a las RUV al aire libre en actividades laborales y las medidas de prevención que deberían aplicarse. Genera conciencia y sensibiliza sobre la gravedad de una exposición inadecuada, buscando revertir la cultura del bronceado.

A pesar de las ventajas mencionadas, su valor es restrictivo con respecto a la exposición ocular, ya que es una medida de la RUV en un plano horizontal pasante por la cabeza. No tiene en cuenta, por ejemplo, la reflectancia de las superficies.

Cuando el IUV proporciona el valor máximo diario de la RUV en un determinado lugar, debe utilizarse el valor medio de 30 minutos. Será un único valor cuando no se considera la nubosidad, o un intervalo de valores cuando sean tomadas en cuenta. En el primer caso, los programas predictivos del IUV se especificarán como “con cielo despejado” o “sin nubes” (IUV); cuando se tome en cuenta la nubosidad, se nota como IUVn

Los valores de IUV se dividen en categorías de exposición, según la siguiente tabla.

Tabla 5.19<sup>39</sup>. Niveles de riesgo para la piel sin protección, acordes al valor numérico del IUV-IUVn, y tiempos mínimos de exposición para producir enrojecimiento en distintos tipos de piel.

Índice UV	Nivel de Riesgo	Piel TIPO I Tiempo de exposición (min)	Piel TIPO IV Tiempo de exposición (min)
1	Bajo	67	600
2	Bajo	33	300
3	Moderado	22	200
4	Moderado	17	150
5	Moderado	13	120
6	Alto	11	100
7	Alto	10	86
8	Muy alto	8	75
9	Muy alto	7	67
10	Muy alto	7	60
11	Extremo	6	55
12	Extremo	6	50
13	Extremo	5	46
14	Extremo	5	43
15	Extremo	4	40
16	Extremo	4	38
17	Extremo	4	35
18	Extremo	4	33
19	Extremo	4	32
20	Extremo	3	30
21	Extremo	3	29
22	Extremo	3	27
23	Extremo	3	26

<sup>39</sup> Fuente: Servicio Meteorológico Nacional (SMN) Pronóstico de Índice Solar UV. <https://www.smn.gob.ar/radiacionuv>

Tabla 5.20. Categorías de exposición según los valores del IUV

CATEGORÍA DE EXPOSICIÓN	INTERVALO DE VALORES DEL IUV
<b>BAJA</b>	<b>&lt; 2</b>
<b>MODERADA</b>	<b>3 A 5</b>
<b>ALTA</b>	<b>6 A 7</b>
<b>MUY ALTA</b>	<b>8 A 10</b>
<b>EXTREMADAMENTE ALTA</b>	<b>11+</b>

Para esas categorías, se definió una señalética y se recomendaron protecciones, en forma estandarizada, según lo indica la siguiente tabla.

Tabla 5.21 Señalética de advertencia según las categorías de exposición



Los IUV se pronostican y vuelcan en mapas; las regiones con iguales índices se marcan con colores similares. Pueden ser mapas con índices con y sin nubosidad.

## CONTROL DE LA EXPOSICIÓN

Al evaluar la exposición a las RUV de origen solar, se expresó que debía hacerse con dos enfoques: por un lado, los efectos agudos y por el otro, los efectos crónicos. De esta misma manera los controles preventivos deben correlacionarse con una y otra situación.

### 6.1. Medidas para prevenir la exposición aguda

Para prever y evitar los efectos agudos, se deben tomar medidas puntuales para cada día de exposición, independientemente de los resultados de la evaluación a la exposición crónica o, mejor dicho, complementando aquella, utilizando la siguiente regla:

*Para toda tarea realizada a la intemperie, cuya duración sea superior a las dos horas, y durante el mediodía en los días de meses que contengan la letra "r", el empleador deberá controlar el parte meteorológico para su zona, registrando el IUV, y tomar acciones preventivas en caso que la intensidad de la radiación sea de 6 o mayor. Estas medidas se sintetizarán más adelante.*

Esto significa que no puede desdeñarse la intensidad de las RUV de cada día, independientemente de los promedios anuales y estacionales estimados a través de las estadísticas del Servicio Meteorológico Nacional. Por el contrario, debería incorporarse un programa de seguimiento del IUV diario antes de iniciar las tareas, contemplando tanto el índice con cielo despejado como con cielo nublado. Esta consideración protegerá al trabajador en los días atípicos, que le pueden generar una exposición muy por encima de la dosis permitida.

La protección se guiará por lo establecido por el código de colores de la OMS, ya indicado anteriormente pero que vuelven a transcribir:

**Tabla 6.1. Categorías de exposición aguda según los valores del IUV**

CATEGORÍA DE EXPOSICIÓN	INTERVALO DE VALORES DEL IUV
<b>BAJA</b>	<b>&lt; 2</b>
<b>MODERADA</b>	<b>3 A 5</b>
<b>ALTA</b>	<b>6 A 7</b>
<b>MUY ALTA</b>	<b>8 A 10</b>
<b>EXTREMADAMENTE ALTA</b>	<b>11+</b>

Para esas categorías, se definió una señalética y se recomendaron protecciones, en forma estandarizada, según lo indica la figura 6.1.

**Figura 6.1. Señalética del sistema de protección solar recomendada, según los niveles de exposición**



## 6.2. Medidas para prevenir la exposición crónica

De la evaluación de la exposición a la RUV de origen solar por exposición crónica, sea por métodos cuantitativos o los cualitativos propuestos en este documento, surgirán aquellas actividades y puestos en los cuales será necesario considerar, primeramente, la vigilancia médica de los trabajadores.

Al mismo tiempo la aplicación de medidas preventivas surge como una respuesta en paralelo más importante a esa evaluación, pero que inevitablemente también tiene que estar acompañada de una evaluación diaria de la situación.

Por lo tanto, las acciones estarán sujetas a dos aspectos:

- Evaluación del puesto de trabajo en forma global.
- Consideración del IUV de cada día

En cualquier caso, se deben recordar las condiciones de aplicación que se sumaron en su momento:

1. *Para todo trabajo considerado a la intemperie (>75% del tiempo de exposición diaria al sol) se deberá contemplar lo siguiente:*
  - *Si transcurre en la región de mayor intensidad del mapa de radiaciones UV (Fig. 5.1), sin sombra, independientemente de los adicionales y descuentos, será considerado de alto riesgo (valor 5).*
  - *El empleador deberá controlar diariamente el parte meteorológico para su zona, registrando el IUV, y tomar acciones preventivas en caso que la intensidad de la radiación así lo exija.*

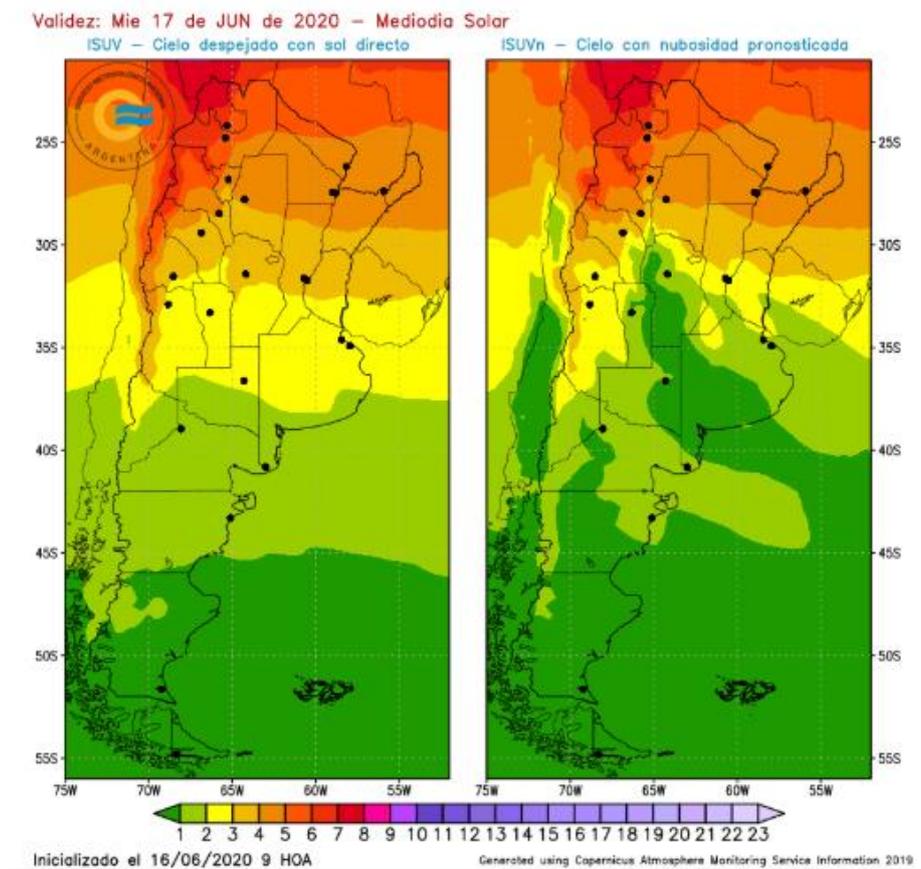
2. Para todo trabajo realizado a la intemperie, cuya duración sea superior a las dos horas, y durante el mediodía en los días de meses que contengan la letra “r”, el empleador deberá controlar el parte meteorológico para su zona, registrando el IUV, y tomar acciones preventivas en caso que la intensidad de la radiación sea de 6 o mayor. (Esto es igual que en efectos agudos exclusivamente)

De acuerdo a lo anterior, se consideran trabajadores expuestos a aquellos cuyos puestos sean identificados en la evaluación cualitativa propuesta como:

- Índice de riesgo final ( $I_{RF}$ ) igual o mayor a 4.
- Su actividad es a la intemperie (más del 75% del tiempo expuesto al sol), y está ubicado en las regiones de mayor RUV promedio del país (zona de UV extrema).

Luego de evaluado por el método cualitativo propuesto, las tablas a utilizar son las siguientes:

**Fig. 6.2. Pronostico del Índice Solar UV**



**Figura 6.2.** Ejemplo de presentación del IUV e IUVn suministrado oficialmente por el Servicio meteorológico Nacional en su página web, para un día determinado. Se observa que en este caso, el índice puede variar hasta en dos puntos según las regiones y la nubosidad.

Una vez establecidos los puestos de trabajo con riesgo significativo de exposición de RUV de origen solar, se ha de avanzar en la elaboración un Programa de Prevención, en el que se han de determinar las medidas efectivas para tratarlo, respetando las jerarquías de controles, siempre otorgando prioridad a la aplicación de medidas de ingeniería que eliminen o reduzcan el riesgo, continuando con los controles administrativos, para finalmente, y si es inevitable, acudir a los elementos de protección personal.

La Tabla 6.3 muestra la relación entre los valores obtenidos del  $I_{RF}$  por la evaluación cualitativa, su nivel de intervención y las medidas sugeridas. A mayor  $I_{RF}$  más intensas y mayores son las acciones para prevenir la exposición de la piel.

**Tabla 6.3. Medidas de protección requeridas para la piel**

$I_{RF}$	Nivel de intervención	Medidas recomendadas
$\geq 5$	Máximo.	<p>Modificar el ambiente y mejorar las prácticas de trabajo: proveer sombra; evitar trabajar en los horarios del mediodía; otras medidas de ingeniería y administrativas.</p> <p>Aplicar crema con <math>FPS \geq 30</math> en las partes descubiertas del cuerpo.</p> <p>Utilizar camisa de manga larga y pantalones largos sueltos, de tela con textura compacta (ver ropa con FPR)</p> <p>Sombrero de ala ancha o visera tipo legionario o casco de seguridad con ala o cubre cuello, para proteger la cara, cabeza y cuello.</p> <p>Vigilancia de la salud del trabajador.</p>
4	Protección elevada	<p>Modificar el ambiente y mejorar las prácticas de trabajo: proveer sombra; minimizar los trabajos en los horarios del mediodía; otras medidas de ingeniería y administrativas.</p> <p>Aplicar crema con <math>FPS \geq 15</math> en las partes descubiertas del cuerpo.</p> <p>Utilizar camisa de manga larga y pantalones largos sueltos, de tela de firme entramado (ver ropa con FPR).</p> <p>Sombrero de ala ancha o visera tipo legionario o casco de seguridad con ala o cubre cuello, para proteger la cara, cabeza y cuello.</p> <p>Vigilancia de la salud del trabajador.</p>
3	Protección moderada.	<p>Sombrero de ala o casco de seguridad con ala.</p> <p>Utilizar camisa de manga larga y pantalones largos sueltos.</p>
2	Protección mínima a evaluar según las circunstancias	<p>Exposiciones de corta duración, guiarse estrictamente por el IUV diario.</p>
$\leq 1$	No requiere protección.	<p>Guiarse estrictamente por el IUV diario.</p>

De la misma manera, se procede con la protección de los ojos, en donde las medidas preventivas más importantes, además de la forma en cómo se trabaja, resulta la utilización de sombreros de ala ancha y anteojos o gafas de seguridad con protección solar (tabla 6.4).

Tanto para la piel como para los ojos, en los niveles de IRF iguales o superiores a 4 se debe implementar la vigilancia de la salud de los trabajadores.

**Tabla 6.4. Medidas de protección requeridas para los ojos**

IRF	Nivel de intervención	Medidas recomendadas
≥ 5	Máximo.	Evitar las reflexiones intensas. Precaución con el amanecer y el atardecer. Sombrero de ala ancha. Protección ocular con filtro UV-A y UV-B, del tipo envolvente para evitar la exposición periférica del ojo. Vigilancia de la salud del trabajador
4	Protección elevada	Evitar las reflexiones intensas. Sombrero o casco de ala ancha. Protección ocular con filtro UV-A y UV-B Vigilancia de la salud del trabajador
3	Protección moderada.	Precaución con las reflexiones. Sombrero de ala o casco de seguridad con ala
2	Protección mínima a evaluar según las circunstancias	Guiarse estrictamente por el IUV diario
≤ 1	No requiere protección.	Guiarse estrictamente por el IUV diario.

Las dos tablas anteriores resumen las acciones más importantes que se pueden tomar para reducir los efectos de la exposición a la RUV solar. Son importantes pero insuficientes si no están acompañados de una campaña de concientización para la población en general.

A continuación, se trata cada grupo de medidas en forma detallada.

### 6.3. Medidas de ingeniería

#### 6.3.1. Provisión de sombra

Se ha de proveer al personal estructuras de sombra para la protección de RUV de origen solar. Estas podrán ser naturales o artificiales; en ambos casos, la efectividad de las mismas podrá ser afectada por la RUV dispersa, proveniente del medio ambiente que nos rodea. A su vez, en las estructuras de sombra del tipo artificial, es importante una

buena selección del material a utilizar, dado que en función del mismo variará la capacidad de absorción o reflexión de la radiación solar.

La variedad de ambientes en donde se desarrollan las tareas a cielo abierto (en ciudades, costas marítimas, estructuras, campo, etc.) obligan a considerar medidas de distinto tipo cómo, por ejemplo:

- Techar el espacio donde se desarrolla la tarea
- Disponer estructuras móviles que provean sombra.
- Arborizar el sector de trabajo.
- Colocar telas o recubrimientos textiles que, cuanto más oscuras y de mayor trama, mejor.
- Vidrios o parabrisas reflectantes o polarizados

### **6.3.2. Eliminación de la radiación UV reflejada**

La instalación o uso de vidrios o parabrisas reflectantes o polarizados sirven para reducir la radiación dispersada por las nubes o reflejada por superficies.

## **6.4. Controles administrativos**

### **6.4.1. Planificación**

La organización del trabajo se transforma en un aspecto sensible de la exposición, teniendo en cuenta que se reciben alrededor de dos tercios de la radiación diaria entre las 11 y las 15 horas. Al mediodía es cuando el sol está en su punto más alto, por lo que se deben evitar asignar tareas a la intemperie, sin reparo, en esa franja horaria, reprogramándolas para otros momentos o implementando rotaciones de puestos para disminuir el tiempo de exposición. De no poder evitarlo, tener en cuenta las demás recomendaciones de protección.

### **6.4.2. Capacitación y formación a los trabajadores con los peligros potenciales RUV**

Mantener a los trabajadores informados sobre los riesgos que tiene a diario, es parte de la administración de la higiene y seguridad que debe llevar adelante todo empleador. Durante la exposición a la RUV aquello no es la excepción, y también deben contemplarse las medidas de control, los efectos sobre la salud que produce la exposición tanto a la piel como a los ojos, y sus consecuencias agudas y crónicas. Otro aspecto importante es la estrategia a plantear frente a la cultura de la exposición frecuente en nuestras sociedades y la subestimación del riesgo, asociado a formas ancestrales de estar al sol. Esta conducta puede hacer fracasar todo intento de control, y la actitud del empleador frente al problema es trascendente.

Los empleados con reacciones de fotosensibilidad a la radiación UV requieren medidas de protección adicionales.

## 6.5. Elementos de protección personal

Una serie de medidas de protección personal puede ayudar a reducir la exposición a la radiación UV solar. A pesar que la protección personal debe ser considerada como la última línea de defensa contra la radiación UV solar, inevitablemente se termina de acudir a ella. De hecho, la combinación de varios elementos de protección personal, como el sombrero, la ropa, los anteojos y el protector solar significan la mejor estrategia de protección en la mayoría de los casos.

### 6.5.1. Ropa <sup>40</sup>

La vestimenta constituye un elemento de protección frente a muchos riesgos. Su selección se debe efectuar por medio de una evaluación exhaustiva del tipo de tarea que se llevará a cabo, considerando los pro y contra de su implementación. Por ejemplo: en trabajos pesados la utilización de vestimenta con baja capacidad de eliminar la humedad provocará un aumento de la temperatura corporal; o por el contrario, el uso de ropa clara es recomendable para trabajos con carga térmica.

En el momento de selección, la indumentaria provista a los trabajadores deberá:

- Cubrir la mayor parte posible del cuerpo.
- Ser holgada (en la ropa ceñida, al estirarse, se produce la apertura del entramado textil y en consecuencia disminuye la capacidad de protección solar)
- Ser cómoda para la tarea que se desea realizar.
- Permitir la transpiración.
- Ser compatible con los elementos de protección que se deban utilizar.
- No estar contraindicada para el riesgo al cual se enfrenta el trabajador (riesgo químico, físico, termohigrométricos u otros).

La ropa también puede elegirse para proteger de la radiación solar. Para ello, debe tenerse en cuenta una serie de características recomendadas al momento de seleccionarlas:

- Tipo de Fibras: la indumentaria elaborada a partir de fibras sintéticas o semisintéticas, con menor cantidad de fibras celulósicas (tales como: poliéster, lycra, nylon, elastano), ofrecen mayor protección solar. Al contrario, la elaborada con algodón blanqueado o crepe poseen menor protección a las RUV. Telas brillantes, como el satín, reflejan más las RUV que aquellas opacas como el lino.
- Entramado del tejido, grosor y densidad: a menor espacio intersticial entre el tejido, obtendremos una sombra más densa y, por ende, mayor será la protección a rayos

---

<sup>40</sup> **Fuentes:** 1) <https://cancerdepiel.org/prevencion/proteccion-solar/la-ropa>; 2) Enjoy the sun safely - Protección UV textil – standard UV 801 [https://www.uvstandard801.com/fileadmin/user\\_upload/UV\\_801/Downloads/UV\\_STANDARD\\_801\\_Brochure\\_textile\\_uv\\_protection\\_ES.pdf](https://www.uvstandard801.com/fileadmin/user_upload/UV_801/Downloads/UV_STANDARD_801_Brochure_textile_uv_protection_ES.pdf)

UV resultante. Las telas más pesadas y con mayor densidad de hilos, absorben más RUV (ejemplos: corderoy, pana, jean, etc.)

- Color: existe relación entre la tonalidad del color de las prendas y la capacidad de protección frente a los rayos UV, siendo los colores oscuros los que brindan mayor protección solar. Por ejemplo: verde oscuro, azul oscuro, rojo, negro, entre otros.
- Humedad: se estima que cuando los tejidos se humedecen disminuye la capacidad de absorción de UV en un 50%, siendo importante este punto en la selección de la indumentaria para que los trabajadores se mantengan frescos y secos.

Es cierto que la ropa, cualquiera sea, proporciona cierto resguardo contra la RUV, pero, de acuerdo al desarrollo anterior, puede ser radicalmente diferente el grado de protección dependiendo del tipo de elemento textil empleado. Realmente es difícil pretender que las personas clasifiquen por sí solas a la ropa por su grado de protección según los parámetros expresados. Por eso, para facilitar esa evaluación, se definió el Factor de Protección Ultravioleta (FPU) o Factor de Protección de la Ropa (FPR)<sup>41</sup> con el cual se pueden identificar a las prendas. Con un concepto similar al de los protectores solares, se calcula como la cantidad de radiación UV (tanto UVA como UVB) que llega a la piel expuesta comparada con la radiación recibida por la piel a través del tejido. Por ejemplo: Una camiseta con un FPU 50 permite el paso de solo 1/50 de los rayos ultravioleta que llegan a la piel, es decir, el 2%, siendo retenido el 98% restante; por el contrario, una camiseta de algodón que tiene solo un FPU de 5, deja pasar 1/5 o sea, el 20%. La mayoría de la ropa usada en verano proporciona factores de protección mayores a 10.

El FPU es comparable al factor de protección solar (FPS). En ambos casos el valor del factor expresa el tiempo total que la persona podrá estar expuesta al sol, tomando como referencia la dosis eritemal límite. Por ejemplo, si el tiempo límite para una determinada intensidad del sol y un tipo de piel es de 5 minutos por día, al usar una prenda con FPU 20, significa que podrá estar 100 minutos (resultado de 20 x 5) antes de superar el límite.

En la siguiente tabla muestra se detallan algunas de las normas actualmente en uso para determinar el FPU de los textiles, según los países de origen:

**Tabla 6.5. Países u normas emitidas sobre FPU.**

<b>Norma</b>	<b>Origen</b>
UV Estándar 801	Alemania / Suiza / Austria
AS/NZS 4399	Australia / Nueva Zelanda
ASTM D654	EE.UU.
EN 13758-1	Europa

<sup>41</sup> (UPF - Ultraviolet Protecting Factor-, por sus siglas en inglés); Factor de Protección de la Ropa, CPF, Clothing Protection Factor, por sus siglas en inglés.

En función de dichas normas, algunos fabricantes de ropa colocan en sus prendas indicaciones del FPU que permiten su elección, en la medida que sean prendas homologadas.

En la República Argentina no existen normas relacionadas.

Algunas prendas, son preparadas especialmente para dar una mayor protección solar. Incorporando micropartículas de Titanio o de zinc, al igual que en las cremas de protección solar, para absorber la radiación.

La utilización de ropa de protección puede ser preferible frente a las cremas solares, ya que no generan problemas de alergias ni irritaciones.

### **6.5.2. Sombreros**

Todo tipo de sombrero aporta un cierto grado de protección para la cabeza, incluyendo los cascos. Los estudios realizados por investigadores recomiendan que tengan estas características:

- Sombrero de ala ancha, entre 8 y 10 cm, tipo legionario, con cubre cuellos y con visera para proteger los ojos
- Los cascos, han de contar con cubre cuellos o ala ancha, entre 8 y 10 cm, con visera transparente con filtro UV

### **6.5.3. Protección ocular**

Los protectores oculares a utilizar deben ser diseñados específicamente para proteger de las RUV, pero también deberán considerarse aquellos otros riesgos que puedan estar involucrados como, por ejemplo, los mecánicos.

El diseño debe ser tal que no solo proteja contra las radiaciones directas sino también las dispersas y reflejadas (por ejemplo, en la nieve) ya que incrementan la posibilidad de efectos en la retina. Por tal motivo, el mejor diseño es el envolvente o con protección lateral, que reduce la RUV periférica. Esto también es necesario porque al utilizar anteojos de sol, las pupilas y los párpados se abren proporcionalmente a la oscuridad que le suministra esa protección pudiendo aumentar en forma sustancial la exposición periférica del ojo (Fig. 6.3).

Para que los anteojos sean efectivos, deben ser utilizados por los trabajadores. En este sentido, no existe un único modelo de antejo que se ajuste a todas las personas, sino diferentes modelos que permitan ajustarlo a cada trabajador.

Por otro lado, para que la protección también sea efectiva, la transmisión de la RUV debe estar normalizada e identificada. No es frecuente encontrar anteojos para sol que indiquen el grado de protección que suministran, siendo una información importante para evaluar su efectividad. Un antejo de lentes oscuras, no necesariamente protege más que uno de lentes claras y tampoco el más costoso. Por el contrario, suelen venderse en el mercado productos que no garantizan esa protección.

En materia de normas de estandarización, se puede mencionar la europea EN

1836:2006, grado de protección de la radiación ultravioleta (100% UV), por la cual los productos comercializados bajo ella deben contar con nombre, dirección del fabricante, instrucciones de uso, limpieza, y mantenimiento, etc.

El antejo no debe impedir la discriminación de colores ni deformar la visión.

Una cuestión aparte merece la incidencia solar durante la conducción de vehículos, fundamentalmente por reflexión o difusión de los rayos solares. No se encuentra bibliografía relacionada con el tema, por eso se rescata la siguiente información<sup>42</sup>:

#### ***Prevención de enfermedades oculares por RUV en Conducción de vehículos***

*Una fotoprotección ocular adecuada, además de prevenir enfermedades oculares y atenuar la fatiga visual del conductor, evita riesgos de deslumbramiento durante la conducción. A continuación, se detallan una serie de consejos para una correcta protección visual ante la radiación solar:*

- *Para conducir protéjase con gafas de sol con filtro solar inferior a la categoría 4, y utilice preferentemente gafas de sol con cristales de color gris, ya que respetan mejor los colores naturales.*
- *Las gafas polarizadas evitan los reflejos más molestos del sol y previenen la fatiga ocular.*
- *Si utiliza lentes de contacto, aunque existen con filtro solar, es recomendable el uso añadido de gafas de sol.*
- *En el caso de llevar gafas graduadas, es necesario llevar asimismo gafas de sol graduadas, adaptadas a las necesidades de cada uno.*
- *Cuando se circula en motocicletas y ciclomotores, los conductores deben llevar gafas de sol que sean lo suficientemente envolventes para impedir que las partículas de polvo u otros cuerpos extraños penetren en los ojos.*
- *Si a pesar de llevar gafas de sol, sufre un deslumbramiento mientras conduce, no responda frenando bruscamente. Reduzca poco a poco la velocidad hasta que se adecue a las condiciones de visibilidad.*

#### **6.5.4. Los protectores solares**

Cuando la intensidad de la RUV lo justifique y la piel no pueda ser protegida de otra manera, se pueden utilizar las cremas de protección solar. Siempre es preferible protegerse primero con ropa y, en todo caso aplicar las cremas solares para aquellas partes del cuerpo desprotegidas, teniendo en cuenta que siempre es más difícil detectar en dónde se aplicó la crema.

Las primeras cremas solares absorbían o dispersaban los rayos UVB al contener filtros orgánicos (por ejemplo, octilmetoxicinamato). Pero en los últimos años la exposición a la RUV-A ha generado preocupación por sus efectos para la salud, entre ellos el fotoenvejecimiento, por lo que la mayoría de las cremas solares tienen aditivos orgánicos (por ejemplo, avobenzona) o pigmentos minerales como el dióxido de titanio (TiO<sub>2</sub>) y el óxido de zinc (ZnO) que otorgan cierta protección contra las RUV-A, transformándolas en cremas de amplio espectro.

---

<sup>42</sup> [https://www.afflelou.es/fundacion/wp-content/uploads/2019/07/Informe\\_RACE\\_2011.pdf](https://www.afflelou.es/fundacion/wp-content/uploads/2019/07/Informe_RACE_2011.pdf)

Las cremas de protección solar se califican según su eficacia para reducir la incidencia de la RUV en la piel. Para ello se usa el factor de protección solar (FPS) que refleja cuánto más tarda la piel protegida con la crema comparada sin ella. El número del FPS indica la cantidad de veces que se reduce la RUV. Dos ejemplos para entenderlo: 1) un protector solar con FPS 8 significa que la exposición a rayos UV recibida después de pasar un momento dado en el sol es un octavo del que hubiera recibido en ausencia de protección; 2) un protector solar con FPS 30 equivale a que la persona se expone a un minuto de RUV-B por cada 30 minutos que está en el sol. Ningún protector otorga protección total.

La eficacia de las cremas de protección solar está condicionada por los siguientes factores:

- **Aplicación:** a pesar que la mayoría de las cremas otorgan una protección mayor a la indicada por el FPS de su prospecto, estudios realizados demostraron que los usuarios en general se colocan una cantidad promedio entre 0,5 y 1,5 mg/cm<sup>2</sup> frente a los 2 mg/cm<sup>2</sup> que se necesitarían según el ensayo de estandarización, lo que quiere decir que la protección real alcanzada oscila entre el 20 – 50 % de la esperada con la correcta aplicación
- **Durabilidad:** la absorción de la piel, el roce, la humedad, el agua y la transpiración, reducen la duración de la crema, en forma difícil de determinar.
- **Nivel de protección:** la intensidad de la RUV solar es variable por lo que el FPS necesario para seleccionar una determinada crema, puede ser complicado de definir.

Por los factores enunciados, la ICNIRP recomienda un FPS de +30 para latitudes medias y altas y +45 para los trópicos y otras condiciones extremas.

Durante la evaluación del riesgo, al determinar el nivel de protección requerido, se indican los FPS recomendados. Las actividades de mayor exposición a la RUV, como por ejemplo las listadas en la tabla 5.18 de este documento, deben dar prioridad a dicha evaluación.

La protección que ofrecen los filtros solares, extiende el tiempo en el cual las personas se exponen al sol, pero debe volverse a aplicar aproximadamente cada dos horas, aunque puede ser menos si el albedo es intenso. Se estima que 35 ml alcanzan para proteger la superficie total de una persona, con el fin de lograr el FPS mencionado en el envase. Dependiendo del FPS de la ropa utilizada, puede ser necesario cubrirse con crema solar por debajo de ella.

Por los aditivos utilizados para proteger contra el sol, las cremas solares pueden producir reacciones adversas (por ejemplo, fotoalergia). Existen algunos cuestionamientos sobre su afectación al medio ambiente e, incluso, existen ciertos reparos en cuanto a su eficacia, como lo atestigua el siguiente texto<sup>43</sup>:

*“...el valor de los protectores solares ha sido cuestionado, y un Grupo de Trabajo de la IARC sobre la Evaluación de Agentes Preventivos del Cáncer concluyó que no había evidencia*

<sup>43</sup> Transcripción de: International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, ICNIRP (2004), Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelength between 180 nm and 400 nm (incoherent optical radiation). Protective Measures

*epidemiológica adecuada en humanos para un efecto preventivo del cáncer del uso tópico de formulaciones de protector solar contra el melanoma maligno cutáneo o carcinoma de células basales, a pesar de la evidencia experimental en estudios con animales (IARC / OMS 2001)."*

En los lugares de trabajo, cuando la aplicación de las cremas se considere necesario ante la insuficiente protección por otros medios, el empleador podrá colocar envases con dosificador de protector solar, realizando la vigilancia del buen uso y aplicación del protector solar por parte de los trabajadores. Además, los envases de los productos deben colocarse bajo sombra y ser cerrados después de cada aplicación para mantener la seguridad y eficacia del factor solar. Los envases con boca ancha sin dispensador son susceptibles de contaminación microbiológica y rápida pérdida de efectividad.

En Argentina, las cremas de protección solar deben estar aprobadas por la Administración Nacional de Medicamentos, Alimentos y Tecnología Médica (ANMAT), debiendo figurar en su rotulado la correspondiente aprobación. En la Tabla 6.6 se indican los Índices de Protección Solar de las cremas en relación al Riesgo de Exposición al sol, sugeridas como mínimas según dicho organismo, que surgen de la Disposición 957/12 originada en acuerdos del Mercosur.

**Tabla 6.6. Designación de la Categoría de Protección (DCP) relativa a la protección ofrecida por un producto contra la radiación UVB y UVA para el rotulado de los Protectores Solares.**

Indicaciones Adicionales no obligatorias en el rótulo	Categoría indicada en el rótulo (DCP)	Factor de Protección solar medido (FPS)	Factor mínimo de protección UVA (FPUVA)	Longitud de onda crítica mínima
Piel poco sensible a la quemadura solar	Protección baja	6,0 - 14,9	1/3 del factor de protección solar indicado en el rótulo	370 nm
Piel moderadamente sensible a la quemadura solar	Protección media	15,0 - 29,9		
Piel muy sensible a la quemadura solar	Protección alta	30,0 - 50,0		
Piel extremadamente sensible a la quemadura solar	Protección muy alta	Mayor que 50,0 y menor que 100		

## 6.6. Controles para la salud

De acuerdo a la evaluación cualitativa de exposición crónica a las RUV de origen solar, en aquellas actividades detectadas como de mayor exposición se deberán llevar a cabo los exámenes médicos específicos previo al inicio de la relación laboral y luego en forma periódica para prevenir adecuadamente los efectos adversos a largo plazo en los ojos y la piel, como mejor forma de detectar tempranamente las lesiones sospechosas de generar efectos metastásicos.

El Servicio de Medicina laboral deberá tener en cuenta el reconocimiento de las condiciones individuales que inducen una particular sensibilidad al riesgo de UV, tales como foto-tipo 1 o 2, el uso prolongado de fármacos fotosensibles, heridas, lesiones cutáneas sospechosas, y la presencia de enfermedades de la piel sensible a UV (por ejemplo, psoriasis). Para el ojo, la opacidad del cristalino, lesiones corneales, etc.,

induciría fotosensibilidad. Con derivación a un dermatólogo y oftalmólogo, o con otros especialistas, sería útil en casos específicos.

Las historias clínicas de los trabajadores con exposición a RUV deberán ser guardadas por un plazo de 40 años, contabilizados tras la finalización de la relación laboral (Res. SRT 81/2019, artículo 11, República Argentina).

## MARCO NORMATIVO EN LA REPÚBLICA ARGENTINA

Cuando en la década del 80 se hicieron oír con fuerza los reclamos para atender la creciente reducción de la capa de ozono en el mundo, con las consecuencias que significaba para la vida en el planeta, numerosos países ratificaron los Convenios de Viena para la protección de la capa de ozono y el protocolo de Montreal, relativo a las sustancias que agotan la capa de ozono. Argentina, promulgó la Ley N° 24.040 el 8 de enero de 1992, sobre Compuestos Químicos y sustancias agotadoras de la capa de ozono.

En 1997, se sanciona la ley 24898, que dice, en sus artículos más trascendentes:

**ARTICULO 1º-***El Servicio Meteorológico Nacional, en el período comprendido entre los meses de octubre y marzo, suministrará diariamente, junto con la información climática, datos referidos a la intensidad de la radiación solar ultravioleta en aquellas zonas en las cuales exista riesgo para la salud humana por exposición directa a la misma.*

**ARTICULO 2º-***La información a que se refiere el artículo anterior estará a disposición de todos los medios masivos de comunicación social y de la población en general y su divulgación será obligatoria para todas las emisoras integrantes de la cadena oficial de radiodifusión y televisión de las respectivas zonas de influencia.*

De esta manera, el SMN se convierte en el primer organismo que operativamente debe generar la información pública para guiar sobre la intensidad de las RUV, con el fin de cuidar la salud humana.

Posteriormente, primero la Resolución 799/2002 del Ministerio de Salud Pública del 7/11/2002, que aprueba Subprograma de Capa de Ozono y Salud - Prevención de Riesgos para la Salud por Exposición a Radiación Solar Ultravioleta, en el marco del Programa de Calidad de Aire y Salud y luego la Resolución N° 1446/2002 del 27/12/2002 crea el GRUPO CONSULTIVO CIENTIFICO Y TECNICO DEL OZONO (GRUCOCIEN)

Estas normas muestran la preocupación que comenzó a ejercer la radiación UV, de la mano del adelgazamiento de la capa de ozono. Sin embargo, quedó demostrado que los efectos para la salud originados por esas radiaciones solares no dependían solamente de la cantidad de ozono sino también de otras variables.

Con el Decreto PEN 658/1996 que prosiguió a la ley 24557 sobre riesgos del Trabajo, se incorporan a las radiaciones ultravioletas como causantes de enfermedades profesionales, tal como muestra la Tabla 7.1.

**Tabla 7.1. Enfermedades y actividades relacionadas con la RUV según el decreto 658/96**

<b>AGENTE: RADIACIONES ULTRAVIOLETAS</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>— Conjuntivitis aguda</li> <li>— Queratitis crónica</li> <li>— Fotosensibilización.</li> <li>— Cáncer de la piel (células escamosas).</li> </ul>	<p>Lista de actividades donde se puede producir la exposición:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>— Trabajos a la intemperie que exponen a la radiación ultravioleta natural en actividades agrícolas y ganaderas, mineras, obras públicas, pesca, salvavidas, guardianes, entre otros.</li> <li>— Trabajos en montaña.</li> <li>— Trabajos que exponen a la radiación ultravioleta artificial, soldadura al arco, laboratorios bacteriológicos, curado de acrílicos en trabajo dental, proyectores de películas.</li> </ul>

A pesar que se incluyen los efectos carcinógenos (cáncer de piel de células escamosas) no fue sino hasta el año 2019 en que dicho agente fue realmente tenido en cuenta. En efecto, la Res. SRT 81/19 actualiza la lista de carcinógenos para los cuales se deben declarar las exposiciones de los trabajadores, de acuerdo a un sistema registral. Se reformula el llamado registro de cancerígenos para crear el **Sistema de Vigilancia y Control de Sustancias y Agentes Cancerígenos (SCVCC)**, sobre la cual nos enfocaremos, ya que incursiona en la Radiaciones UV de origen solar de la siguiente forma:

**ANEXO I: LISTADO DE SUSTANCIAS Y AGENTES CANCERÍGENOS**

*Se incorpora en forma explícita la radiación ultravioleta de origen solar dentro de las sustancias cancerígenas, bajo la codificación de agente de riesgo 90004: Radiación ultravioleta (longitudes de onda 100-400 nm abarcando las radiaciones UVA, UVB y UVC)”*

**ANEXO II: PROCEDIMIENTO PARA INFORMAR LA PRESENCIA DE SUSTANCIAS Y AGENTES CANCERÍGENOS**

*Los empleadores que posean presencia de este agente de riesgo, deberán informar a su respectiva ART, mediante los sistemas informáticos establecidos en la normativa. Dicha presentación ha de realizarse en carácter de declaración jurada del 1 de enero al 1 de abril de cada año (con la información del año calendario anterior).*

*En el caso particular de la radiación ultravioleta de origen solar, las presentaciones se irán realizando en forma gradual, en la medida en que se adecúe el registro a tal fin.*

*Independientemente de la inscripción registro antes mencionado, y hasta tanto, se han de adoptar medidas de prevención en los puestos de trabajo que se desarrollen a la intemperie, a los fines de evitar/reducir el daño ocasionado por la radiación ultravioleta de origen solar.*

**ANEXO III: LISTADO DE CÓDIGOS DE AGENTES DE RIESGO**

*Siendo que, la radiación ultravioleta de origen solar se encuentra catalogada dentro del Agente de riesgo 90004, luego de establecida la exposición de los trabajadores, se procederá los controles de salud establecidos en la Res SRT 37/2010.*

Una mención aparte merece el *Protocolo Interinstitucional de Gestión de información ante la amenaza de Sobreexposición a la radiación solar ultravioleta en superficie*, elaborado por la comisión de trabajo de gestión de riesgo. RES. N° 841/12 MCTIP y 005/12 MI 749/14 MCTIP y 831/14 MS. Preparándose para emergencias catastróficas, el estado llevó adelante este proyecto analizando distintos eventos y uno de ellos era la

sobreexposición a la radiación ultravioleta de origen solar en superficie. Dicho Protocolo, si bien sin valor legal, sirvió de base para este documento.

Otra norma legal relacionada, más específica, es la Disp. 957/2012 de la Administración Nacional de Medicamentos y Tecnología Médica (ANMAT) de la República Argentina, sobre los productos médicos de protección solar, y que fuera puesta en vigencia por acuerdo Mercosur.

## Referencias bibliográficas

1. ACHS, Programa de protección y prevención contra la exposición ocupacional a radiación UV de origen solar, Chile.
2. Alberto Modenese, Leena Korpinen, Fabriziomaria Gobba (2018), Solar Radiation Exposure and Outdoor Work: An Underestimated Occupational Risk, <https://doi.org/10.3390/ijerph15102063>.
3. American Cancer Society (2019), ¿Cómo me protejo de los rayos UV?, <https://www.cancer.org/es/saludable/protejase-del-sol/proteccion-contra-rayos-ultravioleta.html>.
4. American Cancer Society. (2020). <https://www.cancer.org/content/dam/cancer-org/research/cancer-facts-and-statistics/annual-cancer-facts-and-figures/2020/cancer-facts-and-figures-2020.pdf>
5. ARPANSA (2018), Skin cancer and outdoor work: A work health and safety guide, ISBN: 0 947283 90 0, Australia.
6. ARPANSA (2006), Occupational Exposure to Ultraviolet Radiation. Radiation Protection Series Publication No. 12, ISBN 978-0-9758169-8-1 ISSN 1445-9760, Australia.
7. Beatriz Diego Segura y M<sup>a</sup> José Rupérez Calvo (2007), NTP 755: Radiaciones ópticas: Metodología de evaluación de la exposición laboral, Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, España.
8. Behar-Cohen F, Baillet G, de Agyuavives T, Ortega Garcia P, Krutmman J, Peña-García P, Reme C, Wolffsohn J (2013). Ultraviolet damage to the eye revisited: eyesun protection factor (E-SPF®), a new ultraviolet protection label for eyewear, <https://doi.org/10.2147/OPHTH.S46189> 2014:8 87–104, Francia.
9. CCOO, Prevención y protección de la radiación solar, <http://www.ccooaytomadrid.es/documentos/general/saludlaboral/Solar.pdf>, España.
10. Comisión de trabajo de gestión de riesgo (2015), Protocolo Interinstitucional de gestión de la información ante la amenaza de sobreexposición a la radiación solar ultravioleta en superficie - Etapa: preparación para la emergencia, Argentina.
11. Henry Oswaldo Benavides Ballesteros, Ovidio Simbaqueva Fonseca, Henry Josué Zapata Lesmes (2017). Atlas de radiación solar, ultravioleta y ozono de Colombia, IDEAM y UPME, ISSN: 978 958 8067 94 0, Colombia.
12. IARC (2012), Radiation Vol 100DA, Review of human carcinogens. IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum, ISBN; 978 92 832 1321 5; ISSN 1017-1606.
13. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, ICNIRP (2004), Guidelines on limits of exposure to ultraviolet radiation of wavelength between 180 nm and 400 nm (incoherent optical radiation). Health Physics 87(2):171-186; Oberschleißheim, Alemania.
14. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, ICNIRP (2010), ICNIRP Statement on protection of workers against ultraviolet radiation, Health Physics 99(1):66-87.

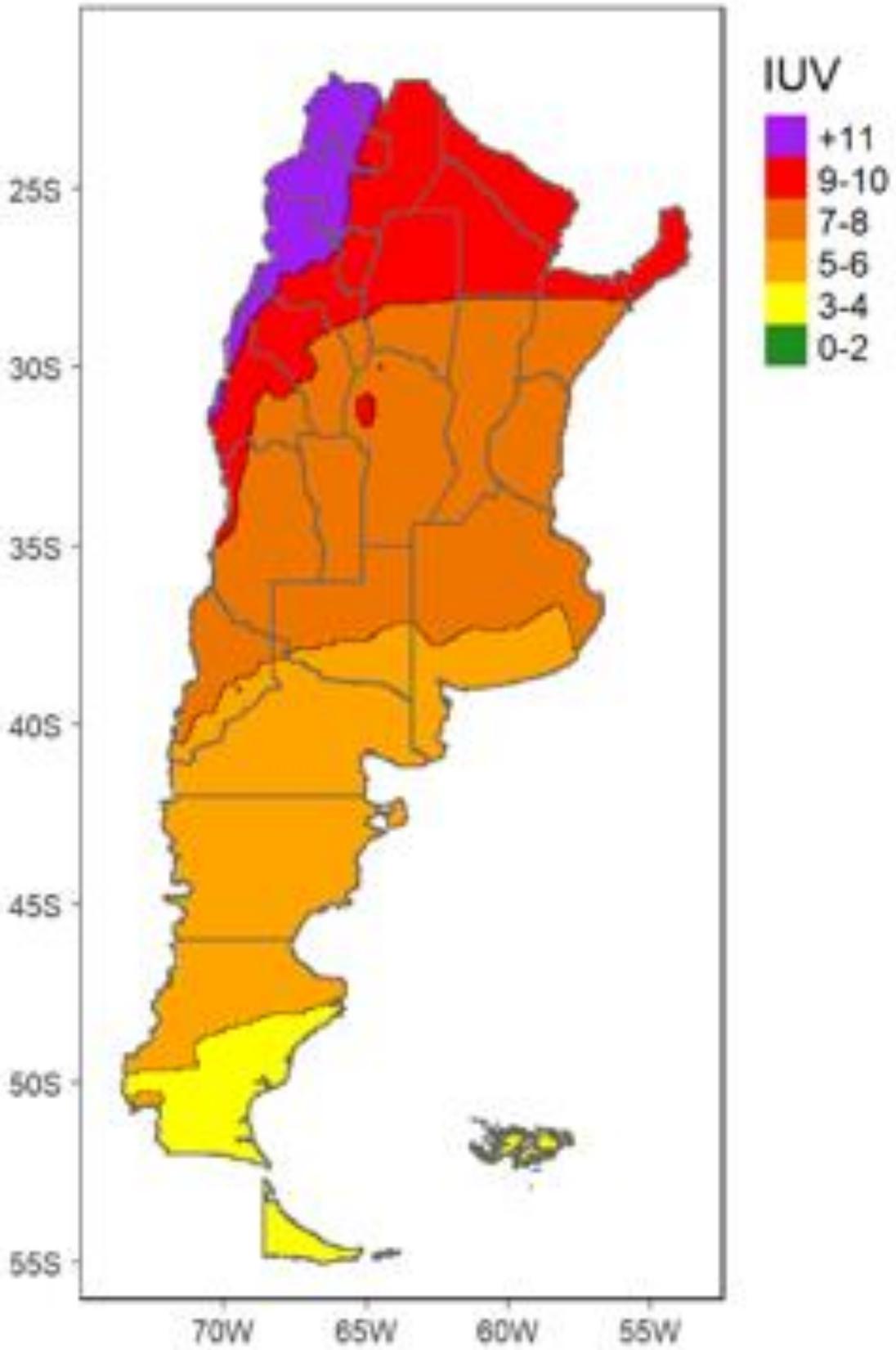
15. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, ICNIRP (2007). Protecting Workers from Ultraviolet Radiation, In Collaboration with: International Labour Organization World Health Organization ICNIRP 14/2007 ISBN 978-3-934994-07-2, Alemania.
16. ISSL Region de Murcia, Medidas preventivas frente a la radiación solar en trabajos al aire libre, FD-131-17, <http://www.carm.es/issl>, España.
17. JB O'Hagan, CMH Driscoll y AJ Pearson (2003), Occupational Exposure to optical radiation in the context of a Possible EU Proposal for a Directive on Optical Radiation. NRPB-W35, ISBN 0 85951 507 9.
18. Lothar Lissner, Klaus Kuhl, Timo Kauppinen, Sanni Uuksulainen (2014), Exposición a los carcinógenos y cáncer relacionado con el trabajo: Una revisión de los métodos de evaluación, OSHA, Unión Europea.
19. María Alejandra Di Nicolantonio, Radiación ultravioleta y la piel, Hospital Provincial Centenario – Universidad Nacional de Rosario, Argentina.
20. Ministerio de Salud y Protección Social y el Hospital Universitario - Centro Dermatológico Federico Lleras Acosta, E.S.E (2015), Manual para la prevención del cáncer de piel dirigido al entorno laboral, Colombia.
21. Mutua de Seguridad C.Ch.C., Guía Técnica sobre Radiación Ultravioleta de origen solar. Chile.
22. Norma UNE-EN 13758-2:2003+A1:2007, España. Textiles. Propiedades protectoras frente a la radiación solar ultravioleta. Parte 2: Clasificación y marcado de la indumentaria.
23. Norma UV STD 801, Textile UV Protection, <https://www.uvstandard801.com>
24. Norma UV STD 801 (2017), Enjoy the sun safely – protection UV textile, Secretariat of the International Testing Association for Applied UV Protection c/o Hohenstein Institute, Alemania.
25. OMS (2003), Organización Meteorológica Mundial, Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, Comisión Internacional de Protección contra la Radiación no Ionizante. Índice UV solar mundial: Guía práctica. 2003. <http://www.who.int/>, ISBN 92 4 159007 6.
26. OMS (2004), Programas Nacionales de Control del cáncer, Políticas y pautas para la gestión, ISBN 92 75 32548 0, Ginebra.
27. OMS. Protection Against Exposure to Ultraviolet Radiation. <https://www.who.int/uv/publications/proUVrad.pdf>
28. Robyn Lucas, Tony McMichael, Wayne Smith y Bruce Armstrong, La carga mundial de morbilidad atribuible a la radiación ultravioleta solar (RUV), OMS <https://www.who.int/uv/publications/solaradgbd/es/>.
29. SRT (2019), Guía de actuación y diagnóstico de enfermedades profesionales. 02 Exposición a radiaciones ultravioletas, Argentina.
30. Subsecretaría de salud pública - División de Políticas Públicas Saludables y Promoción Departamento de Salud Ocupacional (2011), Guía técnica Radiación ultravioleta de origen solar, Ministerio de Salud – Gobierno de Chile.
31. Servicio Meteorológico Nacional (2019), COMENTARIOS ADICIONALES SOBRE RADIACIÓN SOLAR UV Y PROTECCIÓN, Argentina.
32. Servicio Meteorológico Nacional, Pronóstico de Índice Solar UV, <https://www.smn.gov.ar/radiacionuv>, Argentina.

33. WHO. Health and Environmental Effects to Ultraviolet Radiation. A summary of Environmental Health Criteria 160 Ultraviolet Radiation. Geneve 1995.

## **Normativa Argentina de Referencia**

- a. Decreto 658/96. Listado de enfermedades profesionales.
- b. Ley Nº 24898. Servicio Meteorológico Nacional (SMN, 1997), Suministro de datos referidos a la intensidad de la radiación solar ultravioleta en aquellas zonas en las cuales exista riesgo para la salud humana por exposición directa a la misma Argentina
- c. Disposición ANMAT 957/2012. ANMAT: Reglamento Técnico Mercosur sobre protectores solares en cosméticos.
- d. Resolución MS 799/2002. Ministerio de Salud (2002): Subprograma de Capa de Ozono y Salud. Prevención de Riesgos para la Salud por Exposición a Radiación Solar Ultravioleta, en el marco del Programa de Calidad de Aire y Salud, Argentina.
- e. Resolución MTESS 295/2003. Ministerio de Trabajo Empleo y Seguridad Social (2003): Especificaciones técnicas sobre ergonomía y levantamiento manual de cargas, y sobre radiaciones, Argentina.
- f. Resolución SRT 81/2019. Superintendencia de Riesgos del Trabajo (2019): Sistema de Vigilancia y Control de Sustancias y Agentes Cancerígenos, Argentina.

Anexos





Mapa de referencia político de Argentina, con provincias, sus capitales y las latitudes de 8° en 8°, para facilitar la determinación del IUV<sub>6</sub> acorde al plano del SMN.