

Sol en el trabajo, un peligro olvidado

Beatriz Diego Segura, Dolores Guimaraens Juanena y María José Rupérez Calvo

Centro Nacional de Nuevas Tecnologías. INSHT

Todos, en mayor o menor medida, estamos expuestos a las radiaciones ultravioletas procedentes del sol en nuestra vida privada. En el trabajo, también hay profesionales cuya jornada laboral se desarrolla casi en su totalidad al aire libre. Según la última Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo [1] el 16,9 % de los trabajadores realizan la mayor parte de su jornada a la intemperie. Dentro de este colectivo se encuentran entre otros: agricultores, trabajadores del mar, jardineros, socorristas y trabajadores del sector de la construcción. Aunque el Real Decreto 486/2010 [2] sobre exposición laboral a radiaciones ópticas artificiales excluye de su ámbito de aplicación la radiación natural, al amparo de la Ley 31/1995 se deberá garantizar la seguridad y salud de los trabajadores en cualquier aspecto relacionado con el trabajo, lo que incluye los riesgos derivados de la exposición a la radiación solar.

1. INTRODUCCIÓN

Los rayos solares tienen numerosos efectos beneficiosos: estimulan la síntesis de la vitamina D y el transporte de oxígeno por la sangre, facilitan que el calcio se fije en los huesos, multiplican la producción de glóbulos rojos, mejoran enfermedades de la piel como la psoriasis y, en ciertos casos, estimulan la síntesis de algunos neurotransmisores y el metabolismo de las proteínas. Sin embargo, la exposición descontrolada a la radiación solar tiene efectos adversos sobre la salud humana, causando la aparición de quemaduras solares, cánceres cutáneos basocelulares y de células escamosas, melanoma, cata-

ratas, fotoenvejecimiento e inmunosupresión. Estos efectos están causados por la radiación ultravioleta (RUV).

Para prevenir la aparición de estos daños es importante conocer en qué consiste el riesgo por exposición a RUV solar. La evaluación de este riesgo es una tarea muy compleja que depende de varios factores. Primero se debe considerar la parte del cuerpo expuesta (piel u ojos) y segundo, hay que tener en cuenta que la exposición dependerá de que los trabajos se realicen exclusivamente a la intemperie o de forma combinada entre el exterior y el interior. La exposición a RUV aumenta en lugares donde la reflexión solar es muy alta, ta-

les como extensas superficies nevadas, arenosas o el agua. Otros factores de interés son el ángulo de incidencia del sol, las características personales del trabajador (el tipo de piel y el empleo de sustancias fotosensibilizantes), los movimientos de la persona, la intensidad de la radiación, la época del año, la presencia de elementos reflectantes, etc.

2. LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA SOLAR

Se llama "radiación solar" al conjunto de radiaciones electromagnéticas emitidas por el Sol. Dentro del espectro electromagnético comprende las ban-



das espectrales del ultravioleta, visible e infrarrojo.

La región UV abarca el intervalo de longitudes de onda de 100 a 400 nm y se divide en:

- UVA (315–400 nm)
- UVB (280–315 nm)
- UVC (100–280 nm)

Cuando la luz solar atraviesa la atmósfera, la totalidad de la radiación UVC y aproximadamente el 90% de la radiación UVB es absorbida por el ozono, el vapor de agua, el oxígeno y el dióxido de carbono. La radiación UVA se absorbe en menor medida y, como consecuencia, la radiación UV que alcanza la superficie terrestre (sólo un

5% del total) se compone en su mayor parte de rayos UVA, con una pequeña parte de UVB.

La intensidad de la radiación UV solar depende, entre otros factores, de:

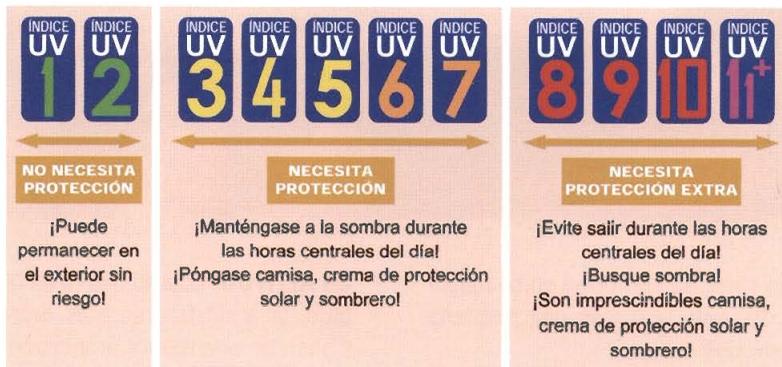
- **LA ALTURA DEL SOL.** Las mayores intensidades de la radiación UV se producen cuando el sol alcanza su máxima altura, alrededor del mediodía solar, particularmente durante los meses de verano.
- **LA LATITUD.** La radiación UV es más intensa en las proximidades del ecuador.
- **LA NUBOSIDAD.** La intensidad de la radiación UV es máxima cuando el cielo está despejado, pero puede ser alta incluso con nubes.

- **LA ALTITUD.** Cuanto mayor es la altitud, la atmósfera es más delgada y absorbe una menor proporción de radiación UV. Se ha calculado que con cada 1000 metros de incremento de la altitud, la intensidad de la radiación UV aumenta entre un 10% y un 12%.
- **EL OZONO.** Es el responsable fundamental de la absorción de parte de la radiación UV que alcanza la superficie terrestre. La concentración de ozono varía a lo largo del año.
- **LA REFLEXIÓN DEL SUELO.** Las superficies reflejan o dispersan la radiación UV en distinta medida; por ejemplo: la nieve reciente puede reflejar hasta un 80% de la radiación UV; la arena seca de la playa alrededor de un 15%, y la es-

■ **Figura 1** ■ **Categorías de exposición a la RUV**

CATEGORÍA DE EXPOSICIÓN	INTERVALO DE VALORES DEL UVI
BAJA	< 2
MODERADA	3 A 5
ALTA	6 A 7
MUY ALTA	8 A 10
EXTREMADAMENTE ALTA	11 +

■ **Figura 2** ■ **Sistema de protección según el UVI**



puma del agua del mar, alrededor de un 25%.

3. EL ÍNDICE ULTRAVIOLETA SOLAR

Debido al incremento de los cánceres cutáneos en poblaciones de piel clara de todo el mundo y a la exposición excesiva a la radiación UV solar, la Organización Mundial de la Salud (OMS), en colaboración con otras organizaciones internacionales, decidieron crear una herramienta, el índice ultravioleta solar, que permitiera au-

mentar la concienciación de la población sobre los riesgos asociados a la exposición excesiva a la radiación UV y advertir de la necesidad de adoptar medidas de protección.

El índice UV solar mundial (UVI) [3] es una medida de la intensidad de la radiación UV solar en la superficie terrestre. Se expresa como un valor superior a cero y, cuanto más alto sea, mayor es la probabilidad de que aparezcan lesiones cutáneas y oculares.

Aunque el UVI es un índice destinado al público en general, puede ser

utilizado por los servicios de prevención para establecer programas preventivos para trabajos a la intemperie, cuando exista riesgo por exposición a RUV solar.

Los valores del UVI se dividen en categorías de exposición (Figura 1) y cada categoría lleva asociadas unas medidas preventivas específicas para evitar sobreexposiciones (Figura 2).

La inclinación de los rayos solares varía de forma considerable a lo largo de todo el territorio nacional, en función de la hora del día y la estación del año. Esta circunstancia, junto con el hecho de que España es un país muy montañoso y con muchos kilómetros de costa, hace que el UVI experimente grandes variaciones de unos lugares a otros (Figura 3). Los servicios de información meteorológica (www.aemet.es) y los medios de comunicación son los encargados de informar sobre la categoría de exposición o del UVI actual o previsto.

4. EFECTOS SOBRE LA PIEL

La piel, con una superficie aproximada de 1,8 m² en una persona adulta, recubre la superficie del cuerpo junto con las membranas mucosas de los orificios corporales. Es el órgano mayor del cuerpo humano y desempeña funciones fundamentales de protección, aislamiento y relación respecto al medio externo. Protege mecánicamente frente a los agentes externos debido a su resistencia y elasticidad, frente a los agentes físicos y a las agresiones microbianas y químicas. Aísla el medio interno del exterior, manteniendo constante su composición, evitando las pérdidas de agua, de proteínas, de iones y de temperatura. Además, mantiene la relación con el exterior a través del tacto, de la presión, del dolor, etc.

La exposición de la piel a la radiación solar da origen a una serie de reacciones fotoquímicas que producen un efecto biológico, que puede ser beneficioso o perjudicial.

La penetración de la radiación solar en la piel depende de las propiedades ópticas de ésta, regidas por los procesos de reflexión, difusión, absorción y transmisión.

A nivel molecular, la radiación UVB es absorbida directamente por el ADN, causando la formación de dímeros de timina, mientras que la radiación UVA actúa excitando fotosensibilizadores endógenos que inducen la formación de dímeros de timina y de formas reactivas de oxígeno, en especial, el oxígeno singlete, una especie conocida por su elevada reactividad frente a componentes biológicos como aminoácidos, ácidos nucleicos, proteínas y lípidos.

Las alteraciones cutáneas producidas por la exposición excesiva al sol se manifiestan a corto o a largo plazo.

EFFECTOS A CORTO PLAZO

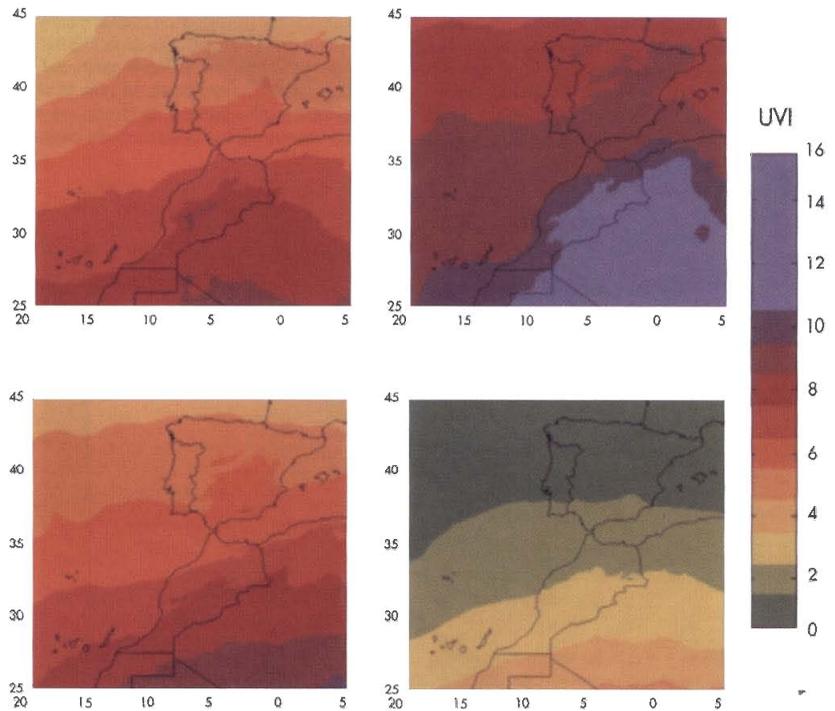
Se distinguen **efectos inmediatos**, entre los que destacan:

- La acción calórica por infrarrojo, que produce eritema con aumento de temperatura cutánea y sudoración.
- La pigmentación inmediata por UVA con oscurecimiento de la melanina existente, que desaparece tras unas horas.

Y **efectos retardados** como:

- Eritema actínico (quemadura solar), que aparece a las pocas horas de la exposición y persiste unos días. Se acompaña de hipersensibilidad y dolor.

■ **Figura 3** ■ **Distribución espacial del UVI en España**



Distribución espacial del UVI modelado para toda España en primavera, verano, otoño e invierno respectivamente para cielos despejados y al medio día. Modelo de Predicción del UVI de la Agencia Estatal de Meteorología [4]

- Pigmentación retardada. Neosíntesis de melanina que se inicia a los dos días y se intensifica durante dos o tres semanas.
- Hiperplasia epidérmica. Se produce un engrosamiento de la capa córnea y epidermis en general.

EFFECTOS A LARGO PLAZO

- **Fotoenvejecimiento.** Los rayos UVA, a lo largo de los años, acaban por provocar una degradación de las fibras de colágeno y de elastina de la der-

mis y, por consiguiente, la piel pierde su suavidad y su firmeza, y las arrugas marcan prematuramente la piel. Es un envejecimiento cutáneo precoz.

- **Fotodermatosis.** Es un grupo heterogéneo cuya clasificación racional resulta imposible por desconocer actualmente la etiopatogenia de muchos de estos procesos. Los criterios de clasificación han de ser forzosamente clínicos y fotobiológicos. Todas las fotodermatosis tienen en común una reactividad cutánea anormal a la luz solar.

La exposición de la piel a la radiación solar da origen a una serie de reacciones fotoquímicas que producen un efecto biológico, que puede ser beneficioso o perjudicial

Se reconocen dos grandes grupos de reacciones: fototóxicas y fotosensibles. Las dermatosis fototóxicas se producen por un exceso de luz solar sobre una piel normal, si bien la intensidad de las respuestas varía según el fototipo cutáneo.

Las dermatosis fotosensibles se producen por la exposición de una piel "sensible" a la radiación solar por diferentes motivos: fotoprotección natural deficiente, presencia de cromóforos anormales endógenos o exógenos o causas desconocidas.

• **Fotocarcinogénesis.** El cáncer de piel es la forma más frecuente de cáncer en todo el mundo, y su incidencia se dobla cada 15 a 20 años. El principal factor inductor de la mayoría de los cánceres primarios de piel es la

radiación ultravioleta. Además, actualmente se reconocen el factor viral y el contacto con ciertas sustancias químicas como factores inductores de neoplasias cutáneas. La relación del cáncer cutáneo con el sol está suficientemente documentada en el plano clínico, experimental y epidemiológico [5,6,8].

El más importante factor de riesgo ambiental, para el desarrollo del cáncer cutáneo, es la dosis total de RUV. El riesgo es dosis-dependiente aunque aún no se han establecido con exactitud las relaciones cuantitativas entre dosis y respuesta para la carcinogénesis de la piel.

Los mecanismos internos de la fotocarcinogénesis se desconocen, pero se puede involucrar la interacción de los fotones con el ADN, la ornitina decarboxilasa, las feomelaninas, y el sistema inmunitario y la exposición crónica a la luz solar del tipo UVA y UVB.

Existen dos grupos amplios de tipos de cáncer de piel:

- **MELANOMA:** cáncer que se desarrolla a partir de los melanocitos (células responsables de la pigmentación de la piel).
- **NO MELANOMA:** cáncer desarrollado en los queratinocitos, células mayoritarias de la epidermis.

El 80% de los cánceres de piel son los que proceden de los queratinocitos, es decir, las células que componen la epidermis. Estos carcinomas incluyen los carcinomas basocelulares (CBC) y los carcinomas epidermoides (CCE) también denominados "carcinomas de células escamosas o espinocelulares". El término "carcinoma cutáneo no melanoma" (CCNM) se utiliza normalmente para estos dos tumores, aunque

también incluye otras neoplasias de piel.

5. EFECTOS SOBRE LOS OJOS

Los ojos están protegidos de la radiación solar por su ubicación en las órbitas, el arco de las cejas y las pestañas. En condiciones normales la luz intensa activa la constricción pupilar y el reflejo de aversión cierra parcial o totalmente los párpados para proteger el ojo del exceso de radiación. Sin embargo, en lugares donde la reflexión solar es muy alta (arena, agua o nieve) la eficacia de estas defensas naturales contra los peligros de la radiación UV es limitada [4].

La sobreexposición del ojo humano a la radiación UV solar causa respuestas patológicas bien conocidas, ya sea por exposición intensa (efectos agudos) o por exposición prolongada (efectos crónicos). Aunque se han descrito numerosos efectos, en este artículo se mencionan sólo aquellos para los que la OMS ha encontrado fuerte evidencia de causalidad [3,5].

Entre los efectos agudos se encuentran la fotoqueratitis y la fotoconjuntivitis. Son reacciones inflamatorias de la córnea y la conjuntiva por absorción de radiación UV que se caracterizan por dolor intenso, lagrimeo y sensación de arena en los ojos, que desaparecen pasados unos días. La "ceguera de la nieve" es un ejemplo de fotoqueratitis. En cuanto a los efectos crónicos, el de mayor incidencia mundial son las cataratas corticales. Se trata de un aumento de la opacidad del cristalino originado por la desnaturalización de sus proteínas. Aunque es una lesión relacionada con el envejecimiento, la exposición al sol, particularmente a la radiación UVB, se considera uno de los principales factores de riesgo. Otros

efectos crónicos de menor incidencia son los carcinomas escamosos de córnea y de conjuntiva.

6. LAS ENFERMEDADES PROFESIONALES Y LA RUV SOLAR

El concepto de Enfermedad Profesional (EP) está definido en nuestro ordenamiento jurídico como la enfermedad contraída a consecuencia del trabajo ejecutado por cuenta ajena en las actividades que se especifican en el cuadro de EEPP [7], y que está provocada por la acción de los elementos o sustancias que en dicho cuadro se indican para cada enfermedad profesional.

En dicho cuadro, la radiación solar únicamente aparece mencionada de forma explícita dentro del "Grupo 2: Enfermedades profesionales causadas por agentes físicos" al referirse a las enfermedades oftalmológicas consecuencia de exposiciones a radiaciones ultravioletas donde se citan los trabajos con irradiación solar en grandes altitudes.

Las fotodermatosis profesionales producidas por el sol podrían enmarcarse dentro del "Grupo 5: Enfermedades profesionales de la piel causadas por sustancias y agentes no comprendidos en alguno de los otros apartados) - Sustancias fotosensibilizantes exógenas. Toda industria o trabajo en los que se entre en contacto con sustancias fotosensibilizantes y conlleve una dosis de exposición lumínica".

El reconocimiento del cáncer cutáneo profesional en los trabajadores al aire libre por exposición a radiación ultravioleta es complejo. Dentro del "Grupo 6: Enfermedades profesiona-



Queratoma



Melanoma maligno



les causadas por agentes carcinogénicos”, se reconocen los carcinomas cutáneos no melanomas, el carcinoma cutáneo epidermoide de células escamosas o espinocelular, la enfermedad de Bowen y las lesiones premalignas de piel. En ninguno de los casos la radiación ultravioleta (natural o artificial) figura como agente causal. No están incluidos tampoco los melanomas en este grupo 6.

La ausencia de la RUV solar como agente carcinogénico contrasta con la numerosa evidencia científica publicada hasta la fecha y con los informes y monografías de organismos como la OMS [6] y el IARC (Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer), que clasifican la radiación solar como cancerígeno del grupo 1, grupo en el que figuran agentes químicos como el amianto y el benceno [8].

7. FOTOPROTECCIÓN LABORAL

La complejidad que plantea la evaluación de la exposición a la radiación solar se debe a la confluencia de multitud de factores ya mencionados como: latitud, parte del cuerpo expuesta, nivel de ozono atmosférico, hora del día, etc., y otros igualmente importantes como las características personales de cada trabajador: fototipo de piel, posibles interacciones medicamentosas, sistema inmune... Por eso, ante un potencial riesgo por exposición a radiación solar, se pondrá en marcha un plan de actuación que incluya o combine los siguientes aspectos:

- El uso de elementos naturales o artificiales para producir **sombra**. En muchos casos la posibilidad de incorporar sombras puede ser limitada y costosa.

La prevención del riesgo por radiación UV solar se puede conseguir mediante la puesta en marcha de planes de actuación para reducir la exposición durante los meses en los que el UVI es más alto

- **Ropa de trabajo** adecuada. Es un método muy útil para prevenir la sobreexposición. La protección de la vestimenta frente a la RUV depende de la composición del tejido, tipo de trama y del color. Se recomienda usar camisas de manga larga y pantalón largo, de trama tupida que permitan una adecuada ventilación. Como complemento se pueden utilizar gorros o sombreros de ala ancha con un tamaño no menor a 8 o 10 centímetros que adicionalmente pueden incorporar elementos de protección para la parte posterior del cuello.
- Las **medidas administrativas o de tipo organizativo** que van en-

camadas a la adecuación de tareas y/o la reorganización del trabajo en otras horas del día o en otros lugares, permitiendo así disminuir los tiempos de exposición en aquellas horas del día en las que los niveles de radiación ultravioleta son más altos.

- **Formación del trabajador.** Cualquier plan de actuación debe incluir la formación en temas como: los efectos de la radiación ultravioleta, significado del UVI, formas de protección, uso correcto de los elementos de protección personal y de los filtros fotoprotectores.
- El **uso de EPI específicos** para radiación solar, considerando que también sean adecuados para otros riesgos presentes en el lugar de trabajo. Existen gafas de protección con paneles laterales o diseño envolvente (ejemplo: gafas de protección solar para uso laboral [9] y gafas de protección para la práctica del esquí alpino [10]). También hay ropa de protección certificada frente a RUV solar (textiles con factor de protección 40+ [11]).
- El uso regular de **fotoprotectores**, que ha experimentado un fuerte crecimiento en los últimos años. Cuanto más alto es el factor de protección, mayor es la protección frente a los rayos solares.

8. FOTOPROTECTORES TÓPICOS

Los preparados fotoprotectores están formados por uno o varios compuestos orgánicos o inorgánicos que proporcionan excelente protección frente a la RUV. Los compuestos orgánicos actúan en general absorbiendo la

radiación, mientras que los inorgánicos, principalmente óxidos de zinc y titanio, protegen además por reflexión y difusión de la radiación, actuando a modo de pantalla.

Los preparados fotoprotectores se formulan con uno o varios filtros solares. Los filtros solares son sustancias que absorben, reflejan o dispersan la radiación ultravioleta entre las longitudes de onda de 290 nm a 400 nm (fracciones UVB y UVA). Son los elementos activos de los fotoprotectores.

La eficacia de los fotoprotectores depende de su correcta aplicación. La cantidad a aplicar recomendada es de 2mg/cm² sobre la piel descubierta y la frecuencia de reaplicación será adecuada al tipo y carga de trabajo, ya que la duración del efecto es solo durante un periodo limitado de tiempo, con el agua o el sudor se eliminan más rápidamente.

Los fotoprotectores comercializados declaran un Factor de Protección Solar (SPF), que indica cuál es el múltiplo del tiempo al que se puede exponer la piel protegida para conseguir el mismo efecto eritematoso que se obtendría si no se hubiese aplicado ninguna protec-

ción. Cuanto más alto es el SPF mayor es la protección frente a los rayos solares.

Es necesario advertir que no quemarse no es equivalente a la ausencia de riesgo de cáncer de piel o lesiones predegenerativas.

Los fotoprotectores no están exentos de riesgos, el más frecuente es que pueden causar sensibilización y fotosensibilización.

El empleo de fotoprotectores es un complemento al empleo de ropa de trabajo.

Un fotoprotector recomendable para uso laboral debe cumplir con las siguientes características:

- Contener solo filtros solares físicos.
- Alto SPF (+50).
- No contener ingredientes potencialmente sensibilizantes (sin perfumes ni conservantes alérgicos).
- Ser de fácil aplicación.
- Ser resistente a la sudoración.

9. CONCLUSIONES

Una parte importante de nuestra población trabajadora desarrolla su jornada laboral a la intemperie estando expuesta a la RUV solar, un riesgo que se debe tener en cuenta.

Existen numerosos estudios e informes sobre los daños derivados de la excesiva exposición al sol en la población general, lo que contrasta significativamente con la ausencia, casi total, de estudios específicos en trabajadores. Por ello, es muy importante que desde las instituciones se tome conciencia del problema y se dé un impulso para sacar estos datos a la luz.

La prevención del riesgo por radiación UV solar se puede conseguir mediante la puesta en marcha de planes de actuación para reducir la exposición durante los meses en los que el UVI es más alto. Estos planes deben incluir medidas tales como la incorporación de sombrillas, ropa de trabajo, formación e información, etc., complementados con una correcta observación de las características individuales del trabajador. Todo esto permitirá mejorar las condiciones laborales y conseguir que los trabajos al aire libre sean más saludables. ●

Bibliografía

- [1] VI Encuesta Nacional de Condiciones de Trabajo. INSHT, 2007.
- [2] RD486/2010, de 23 de abril, sobre la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores contra los riesgos relacionados con la exposición a radiaciones ópticas artificiales.
- [3] Índice ultravioleta solar mundial. Guía práctica. WHO. 2003.
- [4] Índice UV para la población. Instituto Nacional de Meteorología. 2002
- [5] Solar ultraviolet radiation: global burden of disease from solar ultraviolet radiation. (Environmental burden of disease series, no. 13). WHO, 2006.
- [6] Proyecto Internacional INTERSUN. Organización Mundial de la Salud. <http://www.who.int/uv/intersunprogramme/en/>
- [7] RD. 1299/2006 (BOE 19-12-2006) Cuadro Enfermedades Profesionales y Orden TAS 1/2007 (BOE 4-1-2006) CEPROSS.
- [8] Solar radiation. IARC Monographs Vol. 55; 1992.
- [9] UNE EN 172: 95 - «Protección individual de los ojos. Filtros de protección solar para uso laboral», complementada y modificada por: UNE-EN 172/A1:2000 y UNE EN 172/A2: 2002.
- [10] UNE-EN 174:2001- "Protección personal de los ojos. Gafas integrales para esquí alpino".
- [11] UNE-EN 13758-2:2003+A1:2007 - "Textiles. Propiedades protectoras frente a la radiación solar ultravioleta. Parte 2: Clasificación y marcado de la indumentaria".