

Radiación solar ultravioleta: riesgos y beneficios

Marín M.J.¹, Estellés V.², Gómez-Amo, J.L.²
y Utrillas M.P.²

Grupo de Radiación Solar de Valencia.

(1) Departament de Matemàtiques per a l'Economia i l'Empresa.

(2) Departament de Física de Terra i Termodinàmica.

El sol es la fuente más fuerte de radiación ultravioleta en nuestro entorno. El espectro de radiación ultravioleta (UV) se divide en tres regiones denominadas UVA, UVB y UVC según su longitud de onda. Difieren en su actividad biológica y en la medida en que pueden penetrar en la piel. Cuanto más corta es la longitud de onda, más dañina es la radiación UV.

La UVC (100-280 nm) es el tipo de radiación UV más dañino. Sin embargo, es filtrado completamente por la atmósfera y no llega a la superficie terrestre. La UVB (280-315 nm) es biológicamente muy activa pero no puede penetrar más allá de las capas superficiales de la piel. Es responsable del bronceado tardío y de la quemadura solar o eritema; además de estos efectos a corto plazo, potencia el envejecimiento de la piel y promueve significativamente el desarrollo de cáncer de piel. La mayor parte de los rayos UVB solares son filtrados por la atmósfera. Los rayos UVA (315-400 nm) representan aproximadamente el 95 % de la radiación UV que llega a la superficie de la Tierra. Puede penetrar en las capas más profundas de la piel y es responsable del efecto bronceador inmediato. Además, también produce envejecimiento de la piel y arrugas.

A medida que la capa de ozono disminuye, personas y medio ambiente están expuestos a niveles más altos de radiación UV

Factores que influyen en la intensidad

El proceso más importante que sufre la radiación solar UV en la atmósfera terrestre es la absorción por las moléculas de ozono. A medida que la capa de ozono, situada en la estratosfera, disminuye, las personas y el medio ambiente están expuestos a niveles más altos de radiación UV, especialmente UVB.

El agotamiento de la capa de ozono está causado por sustancias químicas creadas por el hombre que se liberan a la atmósfera y continuará hasta que se reduzca drásticamente el uso de compuestos de cloro y bromo. Los acuerdos inter-

nacionales, en particular el Protocolo de Montreal, están logrando gradualmente eliminar la producción de sustancias que agotan la capa de ozono. Sin embargo, los productos químicos ya liberados presentan una elevada vida media de permanencia en la atmósfera, lo que significa que es necesario que transcurran varias décadas sin emisiones para que sus concentraciones vuelvan a niveles adecuados. No se espera una recuperación total del nivel de ozono hasta 2050.

Además del ozono estratosférico, existen otros factores que influyen en la intensidad de la radiación UV que incide finalmente a nivel de suelo, como la latitud, la elevación del sol o altura solar, la nubosidad, la altitud del lugar y la reflectividad del suelo (fig. 1).



La posición geográfica del lugar considerado es determinante, ya que los rayos solares inciden de forma más perpendicular cuanto más cerca del Ecuador nos encontremos. Asimismo es importante la posición del Sol, variando según el día del año y la hora. Se recibe un porcentaje mucho mayor de radiación solar UV en verano y en horas centrales del día. Los niveles de UV son más altos con cielos despejados y la nubosidad generalmente reduce la intensidad, especialmente con nubes bajas. Sin embargo, las nubes ligeras o delgadas, nubes altas, pueden aumentar los niveles de UV debido a la dispersión. Con el aumento de la altitud sobre el nivel del mar, los niveles de UV aumentan ya que recorren menos atmósfera y por tanto se absorben en menor medida. Muchas superficies reflejan la radiación UV y se suman a los niveles generales de UV. Esto debe tenerse en cuenta especialmente en superficies altamente reflectantes como la nieve.



Figura 1. Atenuantes de la radiación solar UV. (Fuente: Organización Mundial de la Salud (OMS), 2003)

Efectos nocivos y beneficiosos

Los efectos nocivos de la radiación UV en seres humanos se manifiestan principalmente sobre la piel, los ojos y el sistema inmunológico. El efecto inmediato debido a una exposición intensa son el eritema, la inmunosupresión y el fotoenvejecimiento cutáneo. De entre todos los efectos adversos derivados de la exposición excesiva a radiación UV, el cáncer de piel es el más preocupante.

Cáncer de piel

A nivel mundial, en 2020, se diagnosticaron más de 1,5 millones de casos de cáncer de piel y se notificaron más de 120 000 muertes asociadas al cáncer de piel. Aunque en España, debido a la latitud, la dosis de radiación UV natural es de las más altas de Europa, la incidencia de cáncer de piel es significativamente menor a otros países de latitudes más altas. Sin embargo, sigue siendo un gran problema de salud pública.

Los cánceres de piel pueden ser melanoma o no melanoma. Los cánceres de piel no melanoma comprenden carcinomas de células basales, un cáncer de piel de crecimiento lento que aparece predominantemente en personas mayores y carcinomas de células escamosas, un cáncer maligno, que generalmente se disemina menos que el melanoma y es menos probable que cause la muerte. Los cánceres de piel no melanoma son más frecuentes en las partes del cuerpo que comúnmente están expuestas al sol, como las orejas, la cara, el cuello y los antebrazos. Respecto al melanoma maligno, aunque mucho menos frecuente que los cánceres de piel no melanoma, es la principal causa de muerte por cáncer de piel. La incidencia de melanoma maligno en poblaciones blancas generalmente aumenta con la disminución de la latitud, con la incidencia más alta registrada en Australia, donde las tasas anuales son 10 y más de 20 veces las tasas en Europa para mujeres y hombres, respectivamente.

La prevalencia del cáncer de piel por causa del sol es un gran problema de salud pública

Debido a su relativa falta de pigmentación de la piel, las poblaciones caucásicas generalmente tienen un riesgo mucho mayor de contraer cánceres de piel que las poblaciones de piel oscura. La Organización Mundial de la Salud (OMS) clasifica el tipo de piel o fototipo según si se quema tras una exposición solar o se broncea (tabla 1). Cuanto menor

Tipo de piel	¿Se quema con el sol?	¿Se broncea con el sol?
I	Siempre	Rara vez
II	Normalmente	A veces
III	A veces	Normalmente
IV	Rara vez	Siempre
V	Piel morena	
VI	Piel negra	

Tabla 1.-Fototipo según su reacción a los rayos solares. (Fuente: OMS, 2003).

es el fototipo mayor es el riesgo de padecer cáncer de piel. La población española en su mayoría pertenece a un fototipo II- III, es decir, padece un riesgo medio.

Eritema o quemadura solar en la piel

El efecto agudo mejor conocido de la exposición excesiva a los rayos UV es el eritema, el familiar enrojecimiento de la piel denominado quemadura solar. Otro efecto adaptativo menos obvio es el engrosamiento de las capas más externas de la piel que atenúa la penetración de los rayos UV en las capas más profundas de la piel. Ambos cambios son un signo de daño en la piel.

La exposición crónica a la radiación ultravioleta también provoca una serie de cambios degenerativos en las células, el tejido fibroso y los vasos sanguíneos de la piel. Estos in-

cluyen áreas pigmentadas, envejecimiento prematuro de la piel y la pérdida gradual de su elasticidad.

Daños en los ojos

La exposición a la radiación UV pueden producir en los ojos fotoqueratitis y fotoconjuntivitis. Estas reacciones inflamatorias son comparables a una quemadura solar en la piel pero en los tejidos del globo ocular y los párpados, que son muy sensibles y generalmente aparecen a las pocas horas de la exposición solar.

La exposición a los rayos UVB parece ser un factor de riesgo importante para el desarrollo de cataratas. A nivel mundial, se estima que 15 millones de personas están ciegas a causa de las cataratas; de estos, alrededor del 10 % puede deberse a la exposición a los rayos UV.



Daños en el sistema inmunológico

Cada vez hay más pruebas de un efecto inmunosupresor sistemático de la exposición a la radiación UV tanto aguda como en dosis bajas. En consecuencia, la exposición al sol puede aumentar el riesgo de infección por infecciones virales, bacterianas, parasitarias o fúngicas.

Producción de la vitamina D

El mayor beneficio de la exposición a la radiación UV es la síntesis de vitamina D. La vitamina D fortalece los huesos



Los carcinomas basocelulares son frecuentes en las zonas del cuerpo más expuestas



La exposición al sol sin protección provoca el envejecimiento de la piel

y el sistema musculoesquelético. En los últimos años se ha descubierto que la deficiencia de vitamina D está relacionada no solamente con el raquitismo y osteoporosis sino con enfermedades de los sistemas cardiovascular, digestivo y nervioso. Las personas que tienen una exposición solar muy baja, deben tomar un suplemento de vitamina D. Es necesario, por tanto, determinar la cantidad de radiación solar UV que representa un balance equilibrado entre evitar el cáncer de piel y mantener la suficiente producción de vitamina D. La exposición que proporcione el nivel adecuado de vitamina D debe ser menor a la exposición con riesgo de eritema.

Cómo cuantificar los efectos de la radiación solar UV

Espectros de acción

Para cuantificar los efectos biológicos de la radiación ultravioleta es necesario conocer la respuesta de los organismos vivos cuando incide sobre ellos esta radiación. La curva que representa esta respuesta se llama espectro de acción.

La respuesta de la piel al eritema es el espectro de acción eritemático. La Comisión Internationale de l'Éclairage (CIE) adoptó en 1987 una curva estándar de eritema. La curva de acción eritemática es la recomendada actualmente para la determinación de la radiación UV Eritemática (UVER) (fig. 2). El espectro de acción muestra un descenso brusco a partir de los 300 nm siendo la efectividad eritemática del orden de 3 órdenes de magnitud menor, lo que justifica la afirmación de que es necesaria una dosis unas 1 000 veces mayor de UVA para que cause los mismos efectos sobre la piel que la radiación UVB.

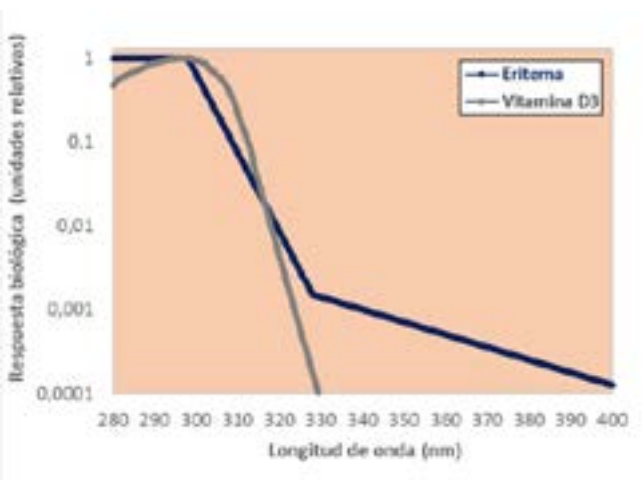


Figura 2.- Espectro de acción eritemática y de la producción de la previtamina D3 en la piel humana. Nótese la escala logarítmica en el eje vertical de la gráfica. (Fuente: Comisión Internationale de l'Éclairage (CIE), 1998, 2006)



La previtamina D3 se forma en la piel humana, bajo la acción de la radiación UV, a partir del 7-dehidrocolesterol (7 DHC) y es precursora de la vitamina D. Las longitudes de onda óptimas están en el intervalo 295 - 300 nm (65 % del 7 DHC). El efecto de la radiación UV sobre la producción de vitamina D se expresa en términos de un espectro de acción simple, que representa la producción de previtamina D3 en la piel humana (fig. 2).

Índice UV

El Índice UV (UVI) es una medida que tiene como finalidad informar y concienciar a la opinión pública, mediante su divulgación en medios de comunicación, del nivel de UVER incidente y de los posibles efectos nocivos para la salud. Cuanto mayor sea el valor de UVI, mayor será el potencial daño en la piel y los ojos y menos tiempo tardará en producirse.

La Organización Mundial de la Salud, en su Guía ‘UV’ propone distintas categorías de la exposición solar en función del valor del Índice UV y supone una estandarización del mismo (fig. 3).

Con un UVI igual a 3 o superior se recomienda protegerse de la radiación solar UV con las medidas de protección siguientes: limitar el tiempo bajo el sol del mediodía (se deben evitar al menos dos horas antes y después del mediodía

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 3.- Categoría de exposición solar en función del valor de UVI. (Fuente: OMS, 2003)



Figura 4.- Medidas de fotoprotección según el UVI. (Fuente: OMS, 2003)

solar), permanecer en la sombra, usar sombrero de ala ancha para proteger los ojos, la cara, las orejas y el cuello, usar gafas de sol con protección UVA y UVB y cubrirse con ropa (fig. 4). En las áreas de la piel sin cubrir con la ropa se puede utilizar protector solar teniendo en cuenta que no deben usarse para prolongar el tiempo que se pasa bajo el sol.

Efectos inmediatos tras una exposición intensa a UV: eritema, inmunosupresión y fotoenvejecimiento cutáneo

Por otra parte, la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) incluye la radiación UV como parámetro meteorológico de la predicción diaria (fig. 5). Por ello, las líneas de intervención propuestas en esta área siguen la senda de normalizar el Índice UV para la concienciación de la población y la equiparación de la legislación española sobre la radiación UV a la de países de nuestro entorno que han atajado el riesgo de este factor ambiental. De esta manera, se pretende contribuir al ODS 3 de salud y bienestar y su meta de reducir en un tercio la mortalidad prematura por enfermedades no transmisibles.

Este año 2022, coincidiendo con el primer día de verano en el hemisferio norte, la OMS ha lanzado la aplicación SunSmart Global que permite ver el índice UV máximo previsto para los próximos cuatro días, así como la franja horaria en las que se recomienda tomar medidas de fotoprotección para la ubicación elegida (fig. 6).

Dosis adecuada de vitamina D

Al contrario que ocurre con el eritema y el UVI, no existe una estandarización que permita conocer de forma sencilla el tiempo necesario de exposición solar para la producción suficiente de vitamina D sin que implique un riesgo



Figura 5.-Predicción del UVI máximo previsto para el 19/7/2022. (Fuente: AEMET, 2022)

de quemadura. La dosis diaria de vitamina D recomendada está entre 400 y 1000 UI. Estas recomendaciones deben tener en cuenta el estado de salud de cada individuo, la edad, el peso corporal, la dieta y las condiciones climáticas del sitio en el que vive. Se sabe que una exposición que una exposición de cuerpo entero con fototipo I bajo condiciones de mucho sol (UVI = 10) produce 1000 UI en menos de 1 minuto. A pesar del argumento anterior, existe una amplia evidencia de que la población no recibe suficiente UV paramantener niveles óptimos de vitamina D. Esto puede ser en parte debido a nuestro estilo de vida, donde la exposición al aire libre es insuficiente, sobre todo en invierno, cuando las bajas temperaturas limitan



Figura 6.- Aplicación para dispositivos móviles SunSmart Global. Captura de pantalla para Valencia el 25/7/2022. (Fuente: OMS, 2022)



La protección con crema solar y gafas es muy importante en los niños

la exposición solar a las manos y la cara. Para que el público pueda tomar decisiones para mantener la vitamina D sin riesgo, es esencial que tengan acceso a la información UV durante todo el año, durante todo el día y para todas las condiciones del cielo.

La exposición a los rayos UVB parece ser un factor de riesgo importante para el desarrollo de cataratas

REFERENCIAS

1. Agencia Estatal de METeorología (AEMET). (19/07/2022). *Predicción de Radiación Ultravioleta*.<https://www.aemet.es/es/eltiempo/prediccion/radiacionuv?w=0&zona=penyb&datos=img>

2. CIE (1998). *Erythema reference action spectrum and standard erythema dose*. Vienna, Austria. ISO 17166:1999/CIE S007-1998.

3. CIE (2006). *Action Spectrum from the Production of Previtamin D3 in Human Skin*. Publication No. CIE 174), Vienna, Austria.

4. McKenzie, R.L., et al., (2008). UV Radiation: Balancing Risks and Benefits. *Photochemistry and Photobiology*, 85: 88–98. DOI: 10.1111/j.1751-1097.2008.00400.x.

5. Ministerio de Sanidad (20/07/2022). *Plan Estratégico de Salud y Medio Ambiente 2022-2026*.(págs. 125-129) https://www.sanidad.gob.es/ciudadanos/pesma/docs/241121_PESMA.pdf.

6. OMS (2003). *Índice UV Solar Mundial: Guía Práctica*, 28 pp., Ginebra, Suiza. <http://www.who.int/uv>.

7. OMS(19/07/2022). *UltravioletRadiation*. <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/ultraviolet-radiation>.

8. OMS (25/07/2022). La aplicación SunSmart Global UV ayuda a protegerse de los peligros de la exposición al sol y promueve la salud pública. <https://www.who.int/es/news/item/21-06-2022-sunsmart-global-uv-app-helps-protect-you-from-the-dangers-of-the-sun-and-promotes-public-health>.



La OMS recomienda que el sol se tome en las primeras horas de la mañana y en las últimas de la tarde, evitando el mediodía