

<https://doi.org/10.24245/drm/bmu.v67i3.8849>

Aspectos físicos, químicos, técnicos y barreras en fotoprotección

Physical, chemical, technical aspects and barriers for photoprotection.

Raúl Ortega-Pérez,¹ Ana Paola Celi-Vélez,² Linda García-Hidalgo³

Resumen

La fotoprotección constituye la herramienta principal en la prevención de enfermedades producidas por radiación UV. Aunque la aplicación de estas medidas ha ganado terreno entre la población, su uso generalizado sigue pareciendo distante debido a barreras económicas, estéticas e informativas. Además, en los últimos años han surgido estudios de la composición de los filtros solares que cuestionan su seguridad y el efecto que éstos podrían tener en la salud y el medio ambiente. En este artículo hemos recolectado la información generada en varios estudios que abordan estos temas.

PALABRAS CLAVE: Filtro solar; radiación ultravioleta; cáncer de piel.

Abstract

Sunscreening is the main tool for the prevention of UV radiation skin diseases. Even though its use has expanded, its widespread use is far to come because of economic, esthetical and informative barriers. Also, many studies have surfaced in recent years questioning the safety of chemical compounds as well as its impact on health and the environment. In this article we have recollected information about these topics.

KEYWORDS: Sunscreen; Ultraviolet radiation; Skin cancer.

¹ Médico adscrito, Servicio de Medicina Interna, Hospital General de Zona 1A Dr. Rodolfo Antonio de Mucha Macías, Instituto Mexicano del Seguro Social, Ciudad de México.

² Médico residente, Servicio de Dermatología, Hospital Regional Lic. Adolfo López Mateos, Ciudad de México.

³ Médico adscrito, Servicio de Dermatología, Instituto Nacional de Ciencias y Nutrición Salvador Zubirán, Ciudad de México.

Recibido: noviembre 2022

Aceptado: diciembre 2022

Correspondencia

Raúl Ortega Pérez
raulortega21@hotmail.com

Este artículo debe citarse como:

Ortega-Pérez R, Celi-Vélez AP, García-Hidalgo L. Aspectos físicos, químicos, técnicos y barreras en fotoprotección. Dermatol Rev Mex 2023; 67 (3): 349-361.

ANTECEDENTES

El estudio de los efectos causados por la exposición solar ha revelado algunos de sus mecanismos de daño, tales como las alteraciones en el ADN, aumento del estrés oxidativo, inducción a la inflamación e inmunosupresión.¹ De este modo, la radiación ultravioleta (RUV) se relaciona estrechamente con daño celular oxidativo, alteraciones del tejido conectivo dérmico y estrato córneo, y causar exacerbación de algunas dermatosis, quemaduras solares, aceleración del envejecimiento y aumento en el riesgo de padecer cáncer de piel.²

De acuerdo con los Centros de Control de Enfermedades de Estados Unidos (CDC), el cáncer de piel representa una de las neoplasias más frecuentes en el mundo, especialmente en países próximos a la línea ecuatorial y en personas con fototipo de piel claro.³ Para 2018 la variedad de cáncer de piel no melanoma ocupó el cuarto lugar en incidencia de los diferentes tipos de cáncer en todo el mundo, mientras que el melanoma se situó en el decimonoveno puesto, en una lista encabezada por Australia y Nueva Zelanda.^{4,5} En el caso de México, el melanoma ocupó el decimooctavo lugar en incidencia con el 1.6%, mientras que las muertes ocasionadas representaron un 0.88%, según se reporta en Globocan 2018.⁶

En todo el mundo y en México la variedad no melanoma es el tipo más común de cáncer de piel, el subtipo basocelular es el de mayor prevalencia con registro máximo de un 80% de los casos.⁷ Ante estos hechos la información generada sobre fotoprotección ha ido en aumento en los últimos años con el fin de determinar los mecanismos implicados y las medidas a tomar para su prevención. El objetivo de este artículo es realizar una revisión de la bibliografía que consideramos más relevante de los aspectos que generan dificultad en la práctica clínica para hacer de la fotoprotección una medida eficiente en la prevención primaria.

RUV Y DAÑOS EN LA PIEL

La luz solar puede causar múltiples efectos en la piel de acuerdo con la intensidad de la exposición. Éstos varían desde procesos inflamatorios, engrosamiento del estrato córneo, elastosis cutánea, genotoxicidad e incluso inmunodepresión.¹ Se ha determinado que el principal responsable del daño cutáneo es la radiación ultravioleta (RUV), la cual varía de acuerdo con el espectro de luz UV.⁸ La exposición crónica, en especial el tipo A e infrarroja (espectro 760-4000 nm), resulta en cambios relacionados con el envejecimiento. La luz visible (400-760 nm), definida como el espectro electromagnético que es visible a los ojos humanos, da como resultado alteraciones pigmentarias en la piel, eritema y desarrollo de radicales libres.⁹

Varios estudios determinaron que la RUV absorbida por las células produce alteraciones metabólicas y puede contribuir a la aparición de cáncer de piel por medio de mecanismos como la formación de bupirimidina y lesiones foto-oxidativas que al no ser reparadas se tornan cancerígenas.² Los rayos UV tipo A se han relacionado con daño al ADN nuclear por medio de mecanismos oxidativos que llevan a la alteración de proteínas, aumentando el riesgo de melanoma.¹⁰ Un ejemplo son las máquinas de bronceado artificial, como menciona Clair en su publicación,¹¹ donde indica que su uso sigue siendo un problema importante de salud pública y se ha relacionado con el riesgo de cánceres de piel melanoma y no melanoma por contener alta radiación UVA. Los rayos tipo B son absorbidos con mayor facilidad a nivel de la epidermis, contribuyendo a la aparición de melanoma y otros tipos de cáncer de piel.¹⁰

FILTROS SOLARES

Quizá el tema más complejo por sus aspectos técnicos y avances tecnológicos en fotoprotección sea el de los filtros solares, por lo que en

los siguientes apartados desarrollamos los puntos más importantes a considerar para su elección y uso correcto.

SPF y sustancialidad

Williams define al factor de protección solar (SPF, por sus siglas en inglés) como la cantidad mínima de producto que se necesita para evitar eritema en la piel por la RUV.¹² Otros definen al SPF como la fracción de rayos ultravioleta que recibe la piel suponiendo que está protegida por una capa uniforme de fotoprotector, entendiéndose que, por ejemplo, si se usa un índice de protección solar de 20 la cantidad de rayos UV que serían capaces de penetrar a la piel sería de 1/20.¹³

Dosis adecuada para fotoprotección

La eficacia global del bloqueador solar depende de la técnica de aplicación, consistencia del producto, uniformidad y densidad del mismo sobre la piel, siendo necesaria una cantidad de 2 mg/cm² o 20 g/m² de acuerdo con los estándares internacionales.¹⁴

Williams y colaboradores indican que una manera sencilla es aplicar filtro solar a dosis de 35 mL por aplicación para cubrir adecuadamente la superficie corporal de un adulto promedio (1.73 m²).¹² Comúnmente el usuario se aplica la cantidad con la que se siente cómodo, aunque diversos estudios demuestran que los consumidores aplican menor producto del recomendado, en promedio 0.5-1.5 mg/cm², de acuerdo con la región corporal.¹⁵

Faruschou y Wulf observaron que la relación entre el SPF y la cantidad de filtro solar aumenta de manera directamente proporcional. Esto se traduce como una disminución de la fotoprotección de cuatro veces y se usa la mitad de la dosis de fotoprotector recomendada, por lo que es fundamental proporcionar instrucciones claras y concisas sobre la aplicación del

producto en la población;¹⁶ además de tomar en cuenta sus atributos cosméticos, ya que se relaciona directamente con la homogeneidad de la distribución y del SPF *in vivo*.¹⁴ Debido a esto se han buscado alternativas sencillas para educar a la población sobre el adecuado uso de filtro solar, determinándose que para calcular un aproximado de cantidad correcta de bloqueador solar puede usarse la yema del dedo índice, en el cual cabría una cantidad aproximada a 1 gramo de producto.¹⁷

En un estudio de mercado realizado en Reino Unido se estudiaron las variables que influyen en la cantidad de filtro solar aplicada en una persona evidenciándose un mayor consumo en mujeres (64 vs 49% de hombres), grupos socioeconómicos altos y personas jóvenes (64% entre 15 y 54 años de edad vs 39% en mayores de 55 años), familias con niños en el hogar (66 vs 52% de familias sin niños) y personas de piel blanca (59 vs 37% en gente con tez más oscura).¹⁸

Porcentaje de retención y resistencia al agua (%WRR)

Se considera que un bloqueador solar es resistente al agua si luego de su aplicación permanece en la piel con el mismo efecto durante al menos 20 minutos después de la inmersión. De acuerdo con esta variable, un producto se considera resistente al agua si se cuantifica un %WRR mayor del 50% a los 20 minutos posteriores a la inmersión; a su vez, se considera muy resistente al agua o a prueba de agua si su %WRR es mayor del 80%. A pesar de que estos son los requisitos mínimos para los fotoprotectores, en la práctica y, de acuerdo con la técnica de aplicación, se llega a documentar un %WRR del 10 al 30% posterior a una inmersión.¹⁸

Se ha determinado que los filtros a prueba de agua tienen una eficacia de 40 a 80 minutos al nadar o al sudar profusamente, por lo que es importante aclarar estos detalles en el empaque.¹

Li y su grupo recomiendan que los bloqueadores resistentes al agua deben utilizarse en situaciones de excesiva sudoración, inmersión en el agua y contacto con arena, siendo importante valorar su reaplicación en un periodo no mayor de ocho horas con un nivel de evidencia alto.²

Consistencia acuosa vs oleosa

Entre las diversas presentaciones de los bloqueadores solares se ha observado que el consumidor prefiere el producto en emulsión en agua sobre el de aceite, por considerarlo más ligero al aplicarlo en la piel.² Pissavini y colaboradores examinaron 10 bloqueadores solares con un SPF de 30, uno en presentación en crema y los otros nueve en emulsión oleosa y realizaron pruebas *in vitro* e *in vivo*. Para la prueba *in vitro* se midió el SPF de los bloqueadores tras la aplicación de transmisión espectral a valores incrementales de 1 nm en el rango de UVB y UVA (290 a 400 nm), obteniéndose como resultado promedio un SPF entre 100 y 125. En la evaluación *in vivo* se reclutó a 10 personas quienes sin recibir indicaciones de la cantidad o modo de uso se lo aplicaron en un área asignada. Por último, en la evaluación posterior se evidenció que hubo mayor cantidad de producto aplicado en presentación de crema, siendo importante considerar este punto para crear un hábito más eficaz de apego a la fotoprotección.¹⁴

Aplicación de filtro solar

En un estudio sobre el uso de filtros solares Diffey determinó que la aplicación de una sola capa delgada del producto no cubre homogéneamente la superficie cutánea. Con más de una aplicación, se logra cubrir todas las irregularidades y mejorar la eficacia de fotoprotección.¹⁸ En un estudio similar Buller y colaboradores recomiendan usar la técnica de "capa sobre capa" que consiste en reaplicar cada dos a tres horas sin eliminar el producto previamente aplicado.¹⁹

Aplicar el bloqueador 20 minutos antes de tomar el sol y luego cada 4 horas permite una reducción de la exposición a la RUV del 60 al 85%.¹⁹ De igual manera la Academia Americana de Dermatología recomienda evitar la exposición solar directa de 10 de la mañana a 4 de la tarde.⁸

La técnica de aplicación de filtro solar modifica la potencia de fotoprotección. Los estudios indican que para un uso adecuado debe usarse un producto con un SPF mayor o igual a 15, con colocación en las áreas fotoexpuestas de una cantidad adecuada de 2 mg/cm², entre 15 y 30 minutos antes de la exposición solar y con reaplicación del mismo cada dos a tres horas o tras situaciones especiales como sudoración excesiva o nadar.¹

Heefort y colaboradores realizaron un estudio en el que compararon la aplicación de bloqueador solar frente a la reaplicación del producto en cuanto a cantidad utilizada y área de piel cubierta. Se demostró que tras una única aplicación los participantes omitieron un 20% de la superficie corporal, evidenciándose que si el producto se reaplica se deja sin cubrir sólo un 9%, por lo que una doble aplicación es más efectiva, especialmente antes de exponerse a luz solar intensa.²⁰

A su vez, Reich y su grupo evaluaron a un grupo de 105 voluntarios (66 mujeres y 39 hombres) para determinar la técnica de aplicación de filtro solar. La muestra se dividió en dos grupos; al primero se le pidió que se aplicara el producto sin recibir una explicación previa, mientras que en el segundo grupo cada participante calculó su superficie corporal, recibió capacitación sobre fotoprotección, correcta aplicación de bloqueador solar y la recomendación de aplicar 20 g/m² del producto. Posteriormente se evaluaron los resultados observando que la cantidad promedio usada por ambos grupos fue de 7.7 ± 4.4 g/m², que representa el 38.6% de la dosis recomendada. El grupo que recibió capacitación utilizó más cantidad de producto (8.6 ± 4.1 g/m²

versus $6.8 \pm 3.9 \text{ g/m}^2$); sin embargo, ninguno de los grupos utilizó la cantidad indicada por los especialistas.¹⁷

Draelos y colaboradores¹³ presentaron varias estrategias para el desarrollo de hábitos que mejoren la aplicación de fotoprotección, como la creación de hábitos desde la niñez y seleccionar entre las diversas presentaciones la que se adapta mejor al paciente y a la zona que se desea proteger. En el caso de mujeres promover el uso de bloqueadores solares con base de maquillaje incluida, usar bálsamo labial con protección solar y vestimenta que ayude a cubrir áreas mayores.

Composición química

Según el fabricante los filtros solares pueden estar compuestos por una gran variedad de sustancias que incluyen filtros UV, emolientes, emulsionantes, hidratantes, disolventes, formadores de película, propelentes y fragancias, entre otros. Las sustancias responsables de la fotoprotección son los filtros UV que se clasifican en orgánicos e inorgánicos y suelen formar parte de la mayoría de bloqueadores solares en diferentes porcentajes.⁸

Los componentes orgánicos tienen como función principal absorber la RUV por medio de sus anillos aromáticos.⁸ La mayor parte de éstos están compuestos por sustancias activas oleosas y funcionan por deslocalización por resonancia que consiste en la transformación de RUV en calor. Por lo general, el producto suele tener una combinación de dos a tres componentes para mayor cobertura y así conseguir un SPF más alto, mismo que se incrementa proporcionalmente al aumento del ingrediente activo.¹³

Existen algunos filtros orgánicos, como las benzofenonas, antralinatos, ecamsule y avobenzona, que son ejemplos clásicos contra la radiación tipo A. En el caso de filtros orgánicos para la

radiación ultravioleta tipo B encontramos derivados de ácido para-aminobenzoico, salicilatos y cinnamatos que se utilizan por su periodo de activación y para mejorar su función de absorción y reflejo de radiación.²¹

Un análisis retrospectivo⁹ de 10 años de duración demostró que el 70.2% de una muestra de 24,000 personas tuvieron algún efecto adverso al realizarse prueba de parche con benzofenonas, por lo que en la actualidad se ha optado por reemplazarlo por otros productos, como ecamsule, bemotrizinol y otros que tienen el mismo papel en la fotoprotección, pero con menor frecuencia de efectos adversos. Aunque se ha demostrado que los bloqueadores con predominio de componentes inorgánicos tienen mejor perfil de seguridad, las fórmulas con sustancias orgánicas siguen siendo las preferidas por el consumidor por tener mejor aspecto cosmético.⁸

Algunos estudios⁸ han evidenciado que varios componentes orgánicos pueden penetrar el estrato córneo y llegar a la epidermis, siendo identificados en orina, semen y leche materna, por lo que pueden afectar en algún grado al sistema endocrinológico, reproductivo e incluso relacionarse con carcinogénesis, sin que haya aún estudios concluyentes. Debido a esto la FDA ha manifestado que se necesitan más estudios para considerar algunos componentes orgánicos (avobenzona, oxibenzona, octocrileno, homosalato, octisalato y octinoxato) como seguros y efectivos para su aplicación en humanos.²²

En el caso de los filtros inorgánicos el principal mecanismo de fotoprotección es reflejar la RUV.⁸ Sustancias como el óxido de cinc y dióxido de titanio son efectivos para todos los tipos de RUV, se encuentran como polvos blancos y se utilizan en bajas concentraciones.²¹ Sin embargo, cosméticamente son poco aceptados, ya que por su aplicación dejan una coloración blanquecina y sensación oleosa en la piel,² incluso a sabiendas de que su baja absorción en la epidermis dismi-

nuye notablemente su frecuencia de reacciones alérgicas.⁸

Aunque algunos estudios *in vivo* han demostrado que los compuestos inorgánicos inducen la formación de radicales libres de oxígeno (ROS) tras la exposición a RUV, su unión con otros elementos del filtro solar bloquean la emisión de ROS hacia la piel, reduciendo la citotoxicidad.⁹

Con el uso de nanopartículas para la creación de filtros inorgánicos se ha planteado que puedan ser absorbidas por la piel, aunque sólo se han encontrado intactas en el estrato córneo.⁹ El desarrollo de componentes inorgánicos de menor tamaño ha permitido mejorar notablemente el aspecto cosmético de este tipo de bloqueadores manteniendo una baja incidencia de reacciones alérgicas.⁸

En la actualidad se está investigando una posible relación de compuestos inorgánicos con la alopecia fibrosante, ya que las nanopartículas penetran en la unidad pilosebácea produciendo una reacción liquenoide.⁸ Thompson y colaboradores reportaron un estudio piloto en el que evaluaron microscópicamente los tallos de cabellos de 16 mujeres que padecieron alopecia frontal fibrosante, determinándose la existencia de restos de titanio en todas las muestras, al igual que en la muestra de cabello de tres mujeres que aún no mostraban alopecia.²³

Entonces, existe cierta relación en diversos casos de la aparición de alopecia frontal fibrosante con alivio de la misma al suspender el uso de fotoprotección. Sin embargo, no puede asociarse en este momento la progresión del cuadro con el uso de filtro solar, pues en este reporte de caso se menciona que diversos productos, incluyendo un 51% de productos de lavado de cabello, contienen un filtro solar químico.²⁴

Se especula que las nanopartículas del filtro pueden entrar en el estrato córneo, aunque no

existe hasta el momento una teoría de causalidad, solamente de asociación.²⁴

ANTIOXIDANTES: ÓXIDO DE HIERRO Y FOTOLIASAS

El uso de antioxidantes produce la disminución de ROS, por lo que se han incorporado en la composición del filtro solar. En el caso de bloqueadores con SPF 4 se evidenció una reducción de ROS en 1.7 y de 2.4 para los de SPF 15. Además, se conocen otros beneficios, entre los que resaltan el desarrollo de pigmento en la piel, aumento de la cantidad de células de Langerhans y producción de metaloproteinasas de matriz (MMP-9).⁹

Con los avances científicos se han descubierto moléculas capaces de reparar el ADN de daños por RUV. Un claro ejemplo son las fotoliasas, enzimas reparadoras de ADN que están presentes en ciertas plantas como las algas y algunos animales no mamíferos. Contribuyen a la reparación del daño producido por dímeros de ciclobutano pirimidina y fotoproductos de pirimidina-pirimidona por medio de la transferencia de electrones, requiriendo de luz visible en un proceso que se conoce como fotorreactivación.^{5,25} En la actualidad existen varios filtros solares que contienen este componente, por lo que proporcionan un beneficio extra al producto. Megna y colaboradores mencionan la importancia de usar filtros solares “activos” que incluyen antioxidantes y reparadores de ADN, considerándolo una estrategia para mejorar la calidad de estos productos.²⁶

En un estudio con distribución al azar realizado por Domínguez y colaboradores²⁷ se determinó el beneficio de usar óxido de hierro en los filtros solares. Se tomó una muestra de 40 pacientes con melasma y se evaluó su gravedad con la escala MASI (*Melasma Area and Severity Index*), determinándose que su puntaje aumentaba en una evaluación posterior de 6 meses tras utilizar

bloqueadores solares sin óxido de hierro ($p = 0.27$), mientras que se evidenció mejoría en los que utilizaron una fórmula que contenía este componente.

EFFECTOS ADVERSOS ASOCIADOS CON EL FILTRO SOLAR

Aunque existe la percepción de que el filtro solar produce una dermatosis acneiforme, este efecto se ha visto asociado más con la presentación del filtro solar que con una reacción propia de éste. Un ejemplo son los filtros resistentes al agua, los cuales producen oclusión folicular. No hay una sustancia específica asociada con este problema, sino que debe detectarse por ensayo y error con cada filtro de manera individualizada.¹³

Algunos productos causan irritación al momento de la aplicación. Esto se relaciona con filtros que incorporan sustancias volátiles en su fórmula (por ejemplo alcohol) y con la región de la piel tratada, por lo que se recomienda elegir el producto según las preferencias del paciente para mejorar el apego.¹³

Se ha observado que la aplicación de filtro solar en la piel con lesiones como eccema puede producir reacciones inflamatorias, por lo que la indicación de su uso debe ser individualizada; una alternativa de importancia es la adquisición de hábitos alternos como vestimenta, resguardarse en la sombra, entre otros.⁹ A pesar de los beneficios de la fotoprotección, no se recomienda aplicar ningún químico sobre la barrera epidérmica lesionada. Schwartz en su publicación menciona la importancia de mantener una barrera cutánea funcional para evitar infecciones, irritaciones y otras alteraciones, considerando la humectación de la piel pilar angular del tratamiento en el caso de lesiones cutáneas.²⁸

Uno de los primeros filtros solares en el mercado contenía PABA, un éster que utilizaba alcohol

como vehículo. Los estudios determinaron que las reacciones de irritación se debían más al alcohol que a su componente principal. En la actualidad sólo el 2% de los bloqueadores solares tienen este componente, ya que se ha asociado con números elevados de reacciones alérgicas.²⁹

Los cinnamatos son ingredientes comunes no sólo en el filtro solar, sino también en cosméticos, perfumes y algunos aceites. Su función principal es la poca solubilidad al agua, siendo elementos resistentes al agua. Los estudios han demostrado que pueden producir dermatitis de contacto, aunque su prevalencia es baja.²⁹

¿Puede ser perjudicial para la salud el uso de filtro solar? Maipas y su grupo relacionan el uso de filtro solar con alteraciones endocrinas relacionadas con el ciclo menstrual, espermatogénesis, fertilidad y comportamiento sexual.³⁰ Diversos químicos utilizados en los cosméticos y filtros solares pueden tener alarmantes consecuencias en la exposición *in utero* con consecuencias a lo largo de la vida.³⁰ Se han determinado filtros orgánicos e inorgánicos que pueden causar dichas alteraciones. Se ha observado que la oxibenzona puede estar relacionada con el bajo peso al nacer en niños y con alteración en su desarrollo.³⁰ Asimismo, las benzofenonas pueden relacionarse con mayor aparición de endometriosis en mujeres jóvenes.²⁹ Otro ejemplo son los parabenos que demostraron alteraciones endocrinas *in vitro* e *in vivo*, causando alteraciones mitocondriales con una posible asociación con la infertilidad masculina.³¹

FILTROS SOLARES Y LEGISLACIÓN

Existen varias legislaciones en cuanto al SPF y fotoprotección, mismas que varían de país en país. En Estados Unidos, por ejemplo, los filtros deben tener un SPF mayor o igual a 15 para su elaboración y comercialización.¹ En el caso de México en 2012 se publicó la Norma Oficial Mexicana NOM-141-SSA1/SCFI-2012 sobre

productos de belleza y filtros solares, estableciendo los requisitos de información sanitaria y comercial que deben contener su denominación genérica y envase adecuado en relación con el producto.

El etiquetado debe contener la información necesaria como rótulos, marca, descripción del producto, factor de protección solar, filtro ultravioleta, forma cosmética y fecha de caducidad. Deben mencionarse todos los ingredientes que contenga el producto (productos inflamables, cosméticos), al igual que una leyenda precautoria completa y un registro sanitario.³²

MEDIDAS COMPLEMENTARIAS DE FOTOPROTECCIÓN

Como parte de los hábitos de fotoprotección se recomiendan los medios físicos, en específico el uso de ropa con adecuado factor de protección ultravioleta (SPF). Este índice es determinado por el Comité Europeo de Estandarización y consiste en la capacidad de fotoprotección determinada por el color, grosor y peso de los tejidos. También puede considerarse el uso de guantes, sombreros y lentes de sol.¹

Antes del desarrollo de los filtros solares la vestimenta era la medida de fotoprotección más relevante. Aunque los estudios han determinado que es importante el tipo de tela utilizada en la confección de la prenda, se ha determinado que algunos protegen menos, como la lana, ya que contiene unos espacios llamados intersticios por donde puede penetrar la radiación ultravioleta. Estos espacios pueden mejorar con el fin de evitar el paso de RUV al usar detergentes y tintes con la capacidad de absorber dicha radiación.³³

Algunos materiales son especialmente útiles como fotoprotectores, como la tela lycra, que tiene un factor de protección UV (UPF) de 50 o más, seguida de otros como el plástico, nylon y poliéster.² Según el material utilizado en la ves-

timenta, si ésta cubre el 94% del área corporal se obtiene una protección comparable con un UPF de 15.⁸

Algunos estudios³² han demostrado que la vestimenta gruesa, pesada y de colores oscuros proporciona mayor protección que la ropa ligera. Wright y su grupo replicaron una playera de fútbol con líneas verticales, donde se evidenció que en las bandas finas se obtenía un UPF de 5, mientras que en las bandas gruesas éste era de 11, concluyendo que el grosor es una variable importante para la capacidad de fotoprotección de la prenda.²

La tendencia actual es la creación de ropa con protección UV que además tenga la ventaja de ser ligera y fresca, ideal para climas calientes.² Bielinski comparó ropa regular y ropa con protección UV con el fin de determinar su eficacia, concluyendo que las dos tienen una protección similar contra rayos ultravioleta tipo A y B emitidos en un espectro de 280-400 nm, inclusive en algunas prendas como gorras comunes se evidenció mayor protección que en aquellas con protección solar incluida. Sin embargo, estos resultados podrían deberse al uso de una muestra pequeña con pocas prendas evaluadas.³³

La RUV a largo plazo puede contribuir a la aparición de cataratas, degeneración macular relacionada con la edad y pterigión.² El mayor daño en la retina es ocasionado por la luz visible y en el caso de la córnea por la RUV, por lo que algunos países han adoptado regulaciones sobre fotoprotección en las gafas de sol.³⁴ En Canadá, por ejemplo, se exige un bloqueo del 60 al 92% para la luz visible y del 95 al 99% para UVA y UVB.² A pesar de estas medidas el ojo puede recibir al menos un 5% de dosis de RUV con el uso de gafas convencionales por la falta de protección periférica, por lo que se recomienda que se complemente su uso con sombreros o gorras o se utilicen gafas solares con marcos laterales.³⁴

BARRERAS DE APEGO A LA FOTOPROTECCIÓN

Múltiples factores afectan el apego a la fotoprotección, como la edad, raza, etnicidad, valores sociales e individuales, actitudes, conocimiento y autopercepción del daño causado por la luz solar. Asimismo, existe mayor tendencia a la exposición RUV con fines recreativos, que incluye camas y salones de bronceado, sobre todo en adolescentes y adultos jóvenes.¹ A continuación, abordamos algunas de las situaciones que más influyen en el apego a la fotoprotección.

BARRERAS ECONÓMICAS

El costo de los filtros solares constituye una de las principales limitantes para una fotoprotección adecuada. Este aspecto cobra especial relevancia si se consideran casos como el de pacientes con antecedentes de trasplante o xeroderma pigmentoso. En ellos, la fotoprotección puede considerarse un tratamiento a largo plazo, por lo que un costo reducido implica mayor apego.¹⁵

¿Los bloqueadores solares se consideran productos de lujo? Es la pregunta principal de la publicación de Mahé y colaboradores,¹⁵ quienes evaluaron los gastos en protección solar siguiendo las guías de uso de 2 mg/cm². Tras determinar que el costo promedio de 10 gramos de bloqueador solar es de 1.7 dólares, concluyeron que, para vacacionar durante 7 días en la playa con una exposición de 4 horas al día, una pareja con dos niños pequeños debe invertir 178.2 dólares en bloqueador solar, valor que puede incrementarse hasta 238.4 dólares si la familia está compuesta por dos niños de 10 años. Estos valores pueden reducirse en un 41% si se compran envases de tamaño grande y en un 33.2% si se combina el bloqueador solar con ropa como gorra, camiseta y buzo de manga larga.

Mahé también analizó los costos del bloqueador solar en pacientes trasplantados con alto riesgo

de padecer cáncer de piel, quienes por su condición necesitan usar este producto a diario. Si suponemos una aplicación sólo en áreas expuestas al sol por periodos cortos, el costo semanal sería de 4.7 a 5.6 dólares, con media anual de 292.3 dólares.¹⁵

BARRERAS INFORMATIVAS

Draelos¹³ menciona las controversias en la población para el uso diario de bloqueador solar. Entre las principales quejas está que el uso de este producto evitaría el desarrollo de una capa protectora fisiológica (bronceada) que proporciona una protección natural contra la RUV.

Otra barrera de información es la creencia de que el uso constante del bloqueador produciría deficiencia de vitamina D, aumentando el riesgo de fracturas, lo cual no encontró sustento en un estudio que determinó que los valores de vitamina D eran equiparables en quienes usan bloqueador solar y en quienes no.¹³

La posibilidad de absorción dérmica del bloqueador solar genera controversia por la creencia de que este producto está elaborado con sustancias tóxicas. Aunque es cierto que algunos compuestos orgánicos podrían ser absorbidos por la piel, los estudios han demostrado que su efecto es poco significativo y que su beneficio como fotoprotector es muy superior al riesgo.¹³ Matta y colaboradores demostraron una absorción mayor de ingredientes activos de los filtros solares del recomendado por la FDA (0.5 ng/mL), determinando a la oxibenzona como el activo con mayor margen de absorción con 258.1 ng/mL en loción, seguida de homosalato con 23.1 ng/mL, octocrileno con 7.8 ng/mL y avobenzona con 7.1 ng/mL, mencionando la importancia de realizar más estudios a futuro.²²

Un punto importante para tratar son los hábitos de fotoprotección en relación con el sexo. Wang y colaboradores realizaron una encuesta en 961

hombres adultos sobre uso de bloqueador solar, ideologías masculinas y fotoprotección. Evidenciaron que los hombres que no usan filtro solar regularmente creen que el bronceado natural los protege contra el daño de la RUV. De igual manera, se evidenció la importancia de las normas masculinas en la sociedad en relación con la fotoprotección como limitante, al igual que la creencia de que el cuidado de la piel y el sol es un tema femenino. Concluyeron que las normas masculinas son una de las principales barreras para la fotoprotección a pesar de tener conocimiento del riesgo de cáncer de piel.³⁵ Asimismo, la existencia de vello facial podría considerarse un factor determinante para la falta de aplicación homogénea de producto en la piel. Se ha evidenciado que el folículo piloso de la barba incrementa el grosor de la piel, disminuyendo la penetración de rayos UVA en dichas zonas.³⁶

BARRERAS ESTÉTICAS

Los filtros solares con un SPF de 30 o mayor suelen dejar una sensación pegajosa-oleosa en comparación con los productos con un SPF de 15 o menos. Ante esto, se ha determinado que los productos con SPF de 15 protegen en un 93% contra los rayos UVB, mientras que los de SPF ≥ 30 alcanzan un 97%, lo que señala una mínima diferencia en relación con su efectividad, por lo que se recomienda evaluar la piel de la persona y determinar el SPF a elegir en relación con las preferencias del paciente.²

Se ha visto que muchas personas, en su mayoría mujeres, suspenden el uso de filtro solar por problemas estéticos, como dificultad en el uso de maquillaje por la sensación y aspecto que deja en la piel. Ante esto algunas casas comerciales han creado productos con base de maquillaje incluida, aunque la mayor parte sólo tienen un SPF de 8 que protege un 88% contra la UVB.¹³

FOTOPROTECCIÓN Y MEDIO AMBIENTE

El efecto al medio ambiente de los filtros solares ha sido objeto de estudio en los últimos años. Schneider y Lim encontraron componentes de filtros solares como oxibenzona, octocrileno y octinoxato, entre otros, en agua de diferentes regiones del mundo, incluso tras haber pasado por procesos de potabilización.³⁷ En un estudio similar Downs y su grupo señalan que entre 6000 y 14,000 toneladas de residuos de filtro solar acaban cada año en los océanos.³⁸

Ante este hecho, algunos estudios han concluido que una de las poblaciones marinas más afectadas son los arrecifes de coral, encontrando que luego de 24 horas de exposición a oxibenzonas la fotosíntesis se ve afectada por alteración en los pigmentos que median este proceso.³⁹ Como consecuencia de la exposición crónica se producen lesiones genéticas que llevan a la calcificación secundaria de los corales, haciendo que pierdan su coloración característica.⁴⁰

Este tema ha cobrado especial interés, sobre todo ante datos que sugieren que algunas sustancias de los filtros solares podrían relacionarse con aumento en la proliferación viral en el agua, lo que constituiría un estresor para la vida marina.³⁸ Debido a estos hallazgos en 2018 Hawái prohibió la distribución y venta de filtros solares que contengan oxibenzona y octinoxato.³⁷

RECOMENDACIONES

La información a la población del efecto solar en la piel, las horas del día con mayor radiación y el papel de la fotoprotección es indispensable para la prevención de enfermedades cutáneas, por lo que debería ser una prioridad para los sistemas de salud de la nación.

La adecuada técnica de aplicación y el uso de medidas físicas deben reiterarse en cada consulta

de dermatología; se requiere especial atención en la resolución de dudas y disolución de falsas creencias sobre este tema.

Aunque el aspecto estético no es el más importante, éste constituye una barrera importante en el apego al uso del bloqueador, por lo que deben tomarse en cuenta las preferencias del paciente en la elección del filtro solar.

La fotoprotección debería ser garantizada mediante el cumplimiento a la NOM-141³² para detectar y sancionar a los productos que no la cumplen o que se publicitan de manera engañosa. Además, las exigencias que en dicha norma se presentan deberían extenderse a otros productos, como gafas de sol y prendas de vestir que se promocionan como anti-RUV.

El factor económico siempre será relevante, por lo que el uso de cupones de descuento o programas de apego por parte de la industria farmacológica puede aumentar el acceso a la fotoprotección con disminución nacional de gastos en manejo y prevención secundaria de estas enfermedades. La prevención primaria debe ser nuestro enfoque hacia la población.

La responsabilidad sobre el cuidado del medio ambiente no es ajena a la dermatología, más aún si se considera a la fotoprotección una herramienta para mejorar la calidad de vida. Los hallazgos recientes del efecto a los ecosistemas por parte de algunos componentes de los filtros solares deberían considerarse por los entes reguladores al aprobar un producto y por las empresas al momento de producirlo.

REFERENCIAS

1. Ferreira T, Bazanella F, Catucci J. Considerations on photoprotection and skin disorders. *Ann Dermatol Venereol* 2012; 139: 35-43. doi: 10.1016/S0151-9638(12)70116-3.
2. Li H, Colantonio S, Dawson A, Lin X, et al. Sunscreen application, safety, and sun protection: The evidence. *J Cutan Med Surg*; 2019; 23 (4): 357-69. doi: 10.1177/1203475419856611.
3. Sánchez MT, Chávez JA, Jáuregui E, Suárez A, et al. Perfil epidemiológico del carcinoma basocelular en adultos jóvenes del Estado de Jalisco. *Salud Jalisco* 2017; 4 (2): 111-122.
4. Globocan. GCO, World Health Organization. Melanoma of skin, 2018. Disponible en: <https://gco.iarc.fr/today/data/factsheets/cancers/16-Melanoma-of-skin-fact-sheet.pdf>.
5. Globocan. GCO, World Health Organization. Non-melanoma skin cancer, 2018. Disponible en: <https://gco.iarc.fr/today/data/factsheets/cancers/17-Non-melanoma-skin-cancer-fact-sheet.pdf>.
6. GCO, World Health Organization, 2018. Disponible en: <https://gco.iarc.fr/today/data/factsheets/populations/484-mexico-fact-sheets.pdf>.
7. Centers for Disease Control and Prevention, Estadísticas del melanoma cutáneo, 2020. Disponible en: <https://www.cdc.gov/spanish/cancer/skin/statistics/index.htm>.
8. Suozzi K, Turban J, Girardi M. Cutaneous photoprotection: A review of the current status and evolving strategies. *Yale J Biol Med* 2020; 93 (1): 55-67.
9. Lim HW, Arellano MI, Stengel F. Current challenges in photoprotection. *J Am Acad Dermatol* 2016; 76 (3S1): 91-99. doi: 10.1016/j.jaad.2016.09.040.
10. Khan AQ, Travers JB, Kemp MG. Roles of UVA radiation and DNA damage responses in melanoma pathogenesis: UVA radiation and DNA damage in melanoma pathogenesis. *Environ Mol Mutagen* 2018; 59 (5): 438-460. doi: 10.1002/em.22176.
11. Le Clair MZ, Cockburn MG. Tanning bed use and melanoma: Establishing risk and improving prevention interventions. *Prev Med Rep* 2016; 3: 139-144. doi: 10.1016/j.pmedr.2015.11.016.
12. Williams JD, Maitra P, et al. SPF 100+ sunscreen is more protective against sunburn than SPF 50+ in actual use: Results of a randomized, double-blind, split-face, natural sunlight exposure clinical trial. *J Am Acad Dermatol* 2018; 78 (5): 902-910. doi: 10.1016/j.jaad.2017.12.062.
13. Draelos ZD. Compliance and sunscreens. *Dermatol Clin* 2006; 24 (1): 101-104. doi: 10.1016/j.det.2005.09.001.
14. Pissavini M, Doucet O, Diffey B. A novel proposal for labelling sunscreens based on compliance and performance. *Int J Cosmet Sci* 2013; 35: 510-514. <https://doi.org/10.1111/ics.12074>.
15. Mahé E, Beauchet A, De Maleissye MF, Saiag P. Are sunscreens luxury products? *J Am Acad Dermatol* 2011; 65 (3): 73-79. doi: 10.1016/j.jaad.2010.06.043.
16. Faurschou A, Wulf HC. The relation between sun protection factor and amount of sunscreen applied in vivo. *Br J Dermatol* 2007; 156 (4): 716-719. doi: 10.1111/j.1365-2133.2006.07684.x.
17. Reich A, Harupa M, Bury M, Chraszcz J, et al. Application of sunscreen preparations: a need to change the regulations.

- Photodermatol Photoimmunol Photomed 2009; 25 (5): 242-244. doi: 10.1111/j.1600-0781.2009.00450.x.
18. Diffey BL. Sunscreens: use and misuse. En: Giacomoni PU. Sun Protection in Man. USA: Elsevier Sci 2001; 2: 521-534.
 19. Buller DB, Andersen PA, Walkosz B, Scott MD, et al. Compliance with sunscreen advice in a survey of adults engaged in outdoor winter recreation at high-elevation ski areas. *J Am Acad Dermatol* 2012; 66 (1): 63-70. doi: 10.1016/j.jaad.2010.11.044.
 20. Heerfordt IM, Torsnes LR, Philipsen PA, Wulf HC. Sunscreen use optimized by two consecutive applications. *PLoS One* 2018; 13 (3): e0193916. doi: 10.1371/journal.pone.0193916.
 21. Draelos ZD. Active agents in common skin care products. *Plast Reconstr* 2010; 125 (2): 719-724. doi: 10.1097/PRS.0b013e3181c83192.
 22. Matta MK, Florian J, Zusterzeel R, Pilli N, et al. Effect of sunscreen application on plasma concentration of sunscreen active ingredients: A randomized clinical trial. *JAMA* 2020; 323 (3): 256-267. doi:10.1001/jama.2019.20747.
 23. Thompson CT, Chen ZQ, Kolivras A, Tosti A. Identification of titanium dioxide on the hair shaft of patients with and without frontal fibrosing alopecia: a pilot study of 20 patients. *Br J Dermatol* 2019; 181 (2): 216-217. doi: 10.1111/bjd.17639.
 24. Porriño-Bustamante ML, Fernández-Pugnaire MA, Arias-Santiago S. Frontal fibrosing alopecia: A review. *J Clin Med* 2021; 10 (9): 1805. doi:10.3390/jcm10091805.
 25. Zhang M, Wang L, Zhong D. Photolyase: Dynamics and mechanisms of repair of sun-induced DNA damage. *Photochem Photobiol* 2017; 93(1): 78-92. doi: 10.1111/php.12695.
 26. Megna M, Lembo S, Balato N, Monfrecola G. Active photoprotection: Sunscreens with DNA repair enzymes. A review of the literature. *G Ital Dermatol Venereol* 2017; 152 (3): 302-307. doi: 10.23736/S0392-0488.17.05567-5.
 27. Boukari F, Jourdan E, Fontas E, Montaudie H, et al. Prevention of melasma relapses with sunscreen combining protection against UV and short wavelengths of visible light: A prospective randomized comparative trial. *J Am Acad Dermatol* 2015; 72 (1): 189-190. doi: 10.1016/j.jaad.2014.08.023.
 28. Schwartz J, Friedman A. Exogenous factors in skin barrier repair. *J Drugs Dermatol* 2016; 15(11): 1289-1294.
 29. Heurung AR, Raju SI, Marshaw EM. Adverse reactions to sunscreen agents: epidemiology, responsible irritants and allergens, clinical characteristics, and management. *Dermatitis* 2014; 25 (6): 289-326. doi: 10.1097/DER.0000000000000079.
 30. Maipas S, Nicolopoulou P. Sun lotion chemicals as endocrine disruptors. *Hormones* 2015; 14 (1): 32-46. doi: 10.1007/BF03401379.
 31. Nicolopoulou P, Hens L, Sasco AJ. Cosmetics as endocrine disruptors: are they a health risk?. *Rev Endocr Metab Disord* 2015; 16: 373-383. doi: 10.1007/s11154-016-9329-4.
 32. DOF - Diario Oficial de la Federación. Disponible en: http://dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5269348&fecha=19/09/2012.
 33. Bielinski K, Bielinski N. UV radiation transmittance: Regular clothing versus sun-protective clothing. *Protective clothing. Cutis* 2014; 94 (3): 135-138.
 34. Sliney DH. Photoprotection of the eye – UV radiation and sunglasses. *J Photochem Photobiol B* 2001; 64 (2-3): 166-175. doi: 10.1016/s1011-1344(01)00229-9.
 35. McKenzie C, Rademaker AW, Kundu R. Masculine norms and sunscreen use among adult men in the United States: A cross-sectional study. *J Am Acad Dermatol* 2019; 81 (1): 243-244. <https://doi.org/10.1016/j.jaad.2018.11.053>.
 36. Draelos ZD. Cosmeceuticals for male skin. *Dermatol Clin* 2018; 36 (1): 17-20. doi: 10.1016/j.det.2017.09.003.
 37. Schneider SL, Lim HW. Review of environmental effects of oxybenzone and other sunscreen active ingredients. *J Am Acad Dermatol* 2019; 80(1): 266-271. doi: 10.1016/j.jaad.2018.06.033.
 38. Downs CA, Kramarsky E, Fauth JE, Segal R, et al. Toxicological effects of the sunscreen UV filter, benzophenone-2, on planulae and in vitro cells of the coral, *Stylophora pistillata*. *Ecotoxicology* 2014; 23 (2): 175-191. doi: 10.1007/s10646-013-1161-y.
 39. Corinaldesi C, Marcellini F, Nepote E, Damiani E, et al. Impact of inorganic UV filters contained in sunscreen products on tropical stony corals (*Acropora* spp.). *Sci Total Environ* 2018; 637-638: 1279-1285. doi: 10.1016/j.scitotenv.2018.05.108.
 40. Downs CA, Kramarsky E, et al. Toxicopathological effects of the sunscreen UV filter, oxybenzone (benzophenone-3), on coral planulae and cultured primary cells and its environmental contamination in Hawaii and the U.S. Virgin Islands. *Arch Environ Contam Toxicol* 2016; 70 (2): 265-288. doi: 10.1007/s00244-015-0227-7.

EVALUACIÓN

1. Incidencia de melanoma en México en comparación con otros cánceres
 - a) 1.6%
 - b) 20%
 - c) 30%
 - d) 35%
2. Principal agente marino dañado por los filtros solares
 - a) medusas
 - b) estrellas de mar
 - c) arrecifes de coral
 - d) tiburones blancos
3. Norma Oficial Mexicana que indica las especificaciones del uso del filtro solar y su regulación legal:
 - a) 5
 - b) 6
 - c) 141
 - d) 142
4. Los productos de $SPF \geq 30$ alcanzan un nivel de protección del:
 - a) 97%
 - b) 95%
 - c) 90%
 - d) 99%
5. Cantidad correcta de filtro solar a usar por región.
 - a) 1 mg/m²
 - b) 0.5 mg/m²
 - c) 5 mg/m²
 - d) 2 mg/cm²
6. Principal agente absorbido por la piel componente de los filtros solares:
 - a) octocrileno
 - b) oxibenzona
 - c) homosalato
 - d) avobenzona
7. Costo aproximado de gasto en filtro solar en pacientes trasplantados:
 - a) 6 dólares
 - b) 5.5-8 dólares
 - c) 10 dólares
 - d) 4.7 a 5.6 dólares
8. Principal enfoque que debe darse a la fotoprotección:
 - a) prevención primaria
 - b) prevención secundaria
 - c) prevención terciaria
 - d) prevención cuaternaria
9. La vestimenta que otorga mayor protección es:
 - a) ligera y clara
 - b) gruesa y oscura
 - c) de lana o algodón
 - d) ligera y oscura
10. Además del filtro solar, el principal componente de fotoprotección es:
 - a) mantenerse en la sombra
 - b) uso de sombrillas
 - c) no salir a la calle
 - d) vestimenta