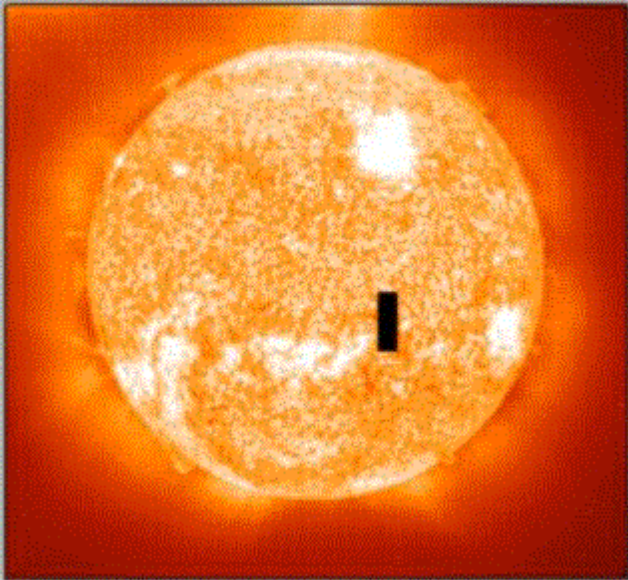


INTRODUCCIÓN A LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA (UV) Y OZONO

EL SOL



El sol, el centro del sistema solar, es una esfera gaseosa, como la mayor parte de las estrellas. Sus principales componentes; son el hidrógeno y el helio. Debido a las altas presiones; el hidrógeno del núcleo se transforma en helio, liberando así una pequeña ráfaga de energía, que pierde intensidad en su camino a la superficie, convirtiéndose en luz visible y rayos infrarrojos en su mayor parte. La temperatura central del sol es de 15 millones de °C y en la superficie llega a los 5 mil °C. El sol está clasificada como una relativamente estrella amarilla de la secuencia principal... una estrella "común".

El Espectro solar

La energía que recibe la Tierra proviene de una capa relativamente delgada (1000 km de espesor) del Sol, llamada *fotosfera* o *corteza*, que se encuentra a elevada temperatura (4000-6000 K). La energía que mantiene esta temperatura tiene su origen último en reacciones termonucleares que se producen en la parte central del Sol (*núcleo e interior*) y que transforman en cada segundo cuatrocientos millones de toneladas de hidrógeno en helio aproximadamente. Desde allí, la energía alcanza las capas externas mediante procesos radiativos y convectivos.

La radiación emitida por el Sol comprende una gama continua y muy extensa de longitudes de onda que van desde los rayos gamma a las ondas de radio, pasando por los rayos X, ultravioleta (UV), visible, infrarrojo (IR) y microondas (figura 1.1).

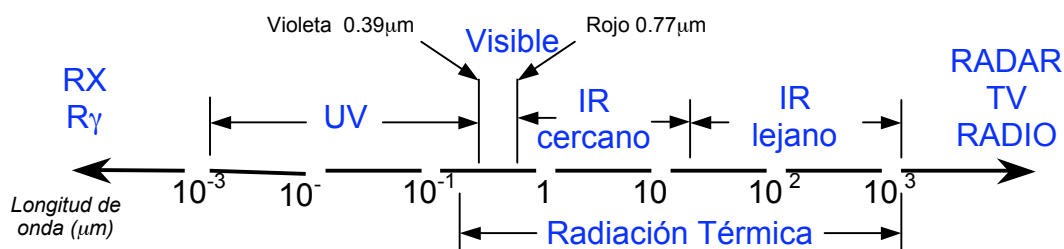


Figura 1.- Espectro de radiación electromagnética

La radiación ultravioleta. Sus efectos

Una parte considerable de la radiación UV procedente del Sol es absorbida a su paso por la atmósfera. El ozono es el principal responsable, impidiendo, de esta forma, que dicha radiación especialmente dañina para los organismos biológicos, alcance la superficie terrestre.

Conviene indicar, sin embargo, que la radiación UV también tiene efectos beneficiosos para animales y plantas, ya que una parte de dicha radiación interviene en la función fotosintética de los vegetales y en la síntesis de la vitamina D, elemento fundamental para el adecuado desarrollo de la estructura ósea en los vertebrados y especialmente en el hombre. Por lo tanto, su presencia en la atmósfera se presenta en un equilibrio crítico, en el que cualquier desplazamiento en uno u otro sentido podría llevar a resultados igualmente impredecibles.

En los últimos años, parece que se han acumulado suficientes evidencias para concluir que este equilibrio está siendo destruido por diversas actividades industriales, y que está teniendo lugar una destrucción generalizada de ozono sobre todo el planeta, presentando un especial dramatismo en la Antártida.

Para discutir los efectos que puede tener esta disminución del ozono en la radiación UV, es práctica habitual subdividir esta parte del espectro en tres zonas cuyo comportamiento ante una disminución de ozono es muy distinto (figura 2): la *UV-A* (320-400 nm), que es la más cercana a la región visible del espectro; la *UV-B* (280-320 nm) y la *UV-C* (para longitudes de onda inferiores a 280 nm).

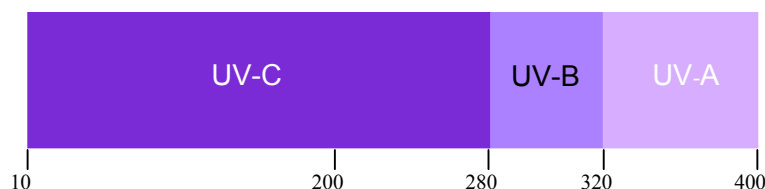


Figura 2.- Región ultravioleta del espectro electromagnético

El ozono prácticamente no absorbe la radiación UV-A, por lo que no se prevén incrementos en la intensidad como consecuencia de la disminución del ozono. Algo parecido ocurre con las radiaciones UV-C, que son completamente absorbidas por el ozono, hasta tal punto que sería necesario que se destruyese el 90% de la capa de ozono para detectar alguna variación significativa. Por el contrario, las radiaciones UV-B son extraordinariamente sensibles a cambios en el contenido de ozono de la atmósfera y serán estas radiaciones las que experimente un mayor incremento en los próximos años, con un grave impacto biológico sobre los seres vivos. En lo que respecta al ser humano, existe una relación entre la dosis de radiación UV-B recibida y la aparición de lesiones oculares y cutáneas, desde la simple quemadura solar, hasta el cáncer de piel. Esta relación no está cuantificada con precisión, pues la incidencia depende de una serie de factores, como son el color y tono de la piel, los hábitos de vida y el lugar de residencia. El estudio de los efectos de la radiación UV es un tema de investigación del máximo interés donde se están focalizando hoy en día una gran cantidad de recursos por su

enorme repercusión (Rozema et al., 1997; Häder, 1997). Sin embargo es un requisito imprescindible la correcta medida de esta magnitud, a fin de conocer su evolución espacial y temporal teniendo bien en cuenta los factores que la afectan, sin lo cual será muy difícil obtener resultados realistas y extraer conclusiones veraces sobre los efectos de la misma.

Se ha demostrado estadísticamente que en igualdad respecto a otros factores, el número de casos de cáncer de piel disminuye con la latitud. Ello es debido a la mayor inclinación de los rayos solares en las altas latitudes, lo que implica un mayor recorrido de la radiación a través de atmósfera y, por lo tanto, una mayor absorción. Así, a 30° de latitud se recibe en verano en el medio día una radiación UV-B aproximadamente tres veces superior a la que, en las mismas condiciones, alcanzaría una región situada a 60° de latitud.

Un efecto parecido tiene la altitud, ya que una parte importante de la radiación UV-B se absorbe en los niveles más bajos de la atmósfera (se estima que en las regiones que están a 1000 m de altura se recibe una intensidad de radiación UV-B entre el 10 y el 20% superior a la que llega al nivel del mar).

En cualquier caso, se estima que una disminución de ozono de un 1%, acarreará – según diversos autores – un aumento en el número de casos de cáncer de piel del orden del 4 y del 10%. De todas formas, hay que resaltar que existen otros factores (costumbres y hábitos) que pueden distorsionar la relación de causa-efecto, además de tener efectos acumulativos que no se manifiestan hasta pasados varios años, siendo mucho más sensibles los colectivos que están expuestos ocasionalmente a la radiación pero de forma muy intensa.

Las macromoléculas orgánicas, y en particular el ADN, que son las portadoras del código genético, son muy sensible al incremento de estas radiaciones, por lo que una disminución en la concentración de ozono en la atmósfera podría tener efectos mutágenos sobre muchas especies, cuyas consecuencias para el ecosistema mundial no están suficientemente estudiadas. La fotosíntesis vegetal también podría ser ligeramente inhibida, con la grave repercusión que podría tener para el equilibrio *oxígeno/dióxido de carbono* de la atmósfera (Hendry, 1993; Ihle and Laasch, 1995; Häder, 1997)). Asimismo, la producción agrícola se vería afectada, aunque unos vegetales en mayor medida que otros. En el medio marino las consecuencias podrían ser igualmente trágicas, ya que afectaría tanto a los organismos unicelulares como a los peces a través de la destrucción de ciertos microorganismos que son la base de la cadena alimentaria en el mar, aunque los efectos negativos se verían atenuados porque la capa de agua superficial constituye un filtro para algunas de las radiaciones más peligrosas.

Qué es la capa de ozono?

A pesar de su celebridad y de su frecuente utilización, el término “capa de ozono” es entendido generalmente de una manera que se presta al equívoco. El término sugiere que a una cierta altura de la atmósfera existe un nivel de ozono concentrado que cubre y protege la Tierra, a la manera de un cielo que estuviese encapotado por un fino estrato nuboso. Lo cierto es que **el ozono no está concentrado en un estrato**, ni tampoco, por lo tanto, está situado a una altitud específica, sino que es un gas escaso,

compuesto por tres moléculas de oxígeno, que está muy diluido en el aire y que, además se esparce desde el suelo hasta más allá de la estratosfera, es decir, en un espesor atmosférico de varias decenas de kilómetros.

Es un gas tan escaso - no constituye ni siquiera una parte por millón de los gases de la atmósfera - que, si en un momento lo separásemos del resto del aire y lo atrayésemos a ras de tierra (en las condiciones de presión y temperatura normales), tendría solamente **3 milímetros de espesor**, el canto de una moneda, que es bien poco en comparación con los 8 kilómetros de espesor que, en esas mismas condiciones, ocuparía todo el aire atmosférico.

De hecho, el ozono, cualquiera sea la altura a la que nos refiramos, está en todas partes muy diluido. Incluso en los niveles estratosféricos de máxima concentración relativa es un componente muy minoritario de la mezcla de gases que componen el aire. Esa proporción de mezcla no supera, ni siquiera en el nivel máximo de los 35 km de altura, 10 partes de ozono por cada 1.000.000 de partes de volumen de aire (10 ppm), es decir, nunca, **en ninguna altura, llega a representar ni el 0,001% del volumen total del aire.**

Variabilidad de la capa de ozono

La capa de ozono que envuelve el planeta no tiene un espesor constante, sino que varía dependiendo de la latitud y de la época del año. Los límites extremos son aproximadamente los 100 y los 500 Dobson (DU)*. El límite inferior de 100 Dobson ha sido ya rebajado en alguna ocasión en el Polo Sur (91 DU, el 12 de Octubre de 1993). El límite superior de 500 Dobson ha sido alcanzado en invierno, también en latitudes altas.

* Unidad Dobson, es la unidad de medida del instrumento de observación

Las variaciones geográficas.

Debido al balance entre la producción, la destrucción y el transporte, resulta que las mayores cantidades medias anuales de ozono no se encuentran sobre el Ecuador, donde los niveles son típicamente de unas **260 unidades Dobson**, o incluso menos, sino cerca de los Polos. Es precisamente cerca del Polo Norte, en donde se alcanzan las medias anuales máximas, superiores a las **350 unidades Dobson**, que, al final del invierno o principio de la primavera, suelen superar las 450 unidades Dobson. El transporte desde otras latitudes más bajas, y no la producción *in situ*, casi nula, justifica este máximo. Por lo tanto, en los cálculos anuales, existe un gradiente meridiano positivo de ozono desde el Ecuador hacia ambos Polos.

Las variaciones estacionales.

En cuanto a los cambios **estacionales**, estos no son los mismo en una latitudes y otras. Son muy pequeños, de casi un 0%, en las latitudes tropicales, pero pueden llegar a ser de casi un 50% en las latitudes polares. En las latitudes templadas, los cambios estacionales, con el máximo en primavera y el mínimo en otoño, son del orden de un 25%.

Sobre los lugares situados en las latitudes medias, y sobre todo en las latitudes altas, puede haber también cambios **diarios** muy bruscos, de hasta un 20%, de un día para otro. Estos cambios están ligados a la circunvalación de los vientos estratosféricos y a las variaciones de los campos de presión.

En cuanto a la variación interanual existen dos ciclos conocidos. Uno de ellos es el que va ligado a los ciclos, de aproximadamente 11 años, de la actividad solar. En los años de máxima actividad solar, el ozono total del Planeta puede ser superior en un 2% al de los años de mínimo solar (unas 6 unidades Dobson).

Otro de los ciclos es casi bianual, de menor amplitud, y ligado a los cambios de la circulación estratosférica sobre el Ecuador: la denominada QBO (Quasi biennial oscillation). También se han encontrado cambios que parecen estar ligados al fenómeno de El Niño, anormal distribución de temperaturas y presiones en la zona pacífica ecuatorial, relacionado a su vez con la QBO.

Distribución del ozono en la atmósfera

La mayoría de los procesos producidos en la Tierra tiene su origen último en la energía proveniente del Sol. La atmósfera juega un papel fundamental a la hora del intercambio y redistribución de todo el calor a partir de un complicado sistema de corrientes circulatorias que gobiernan los fenómenos meteorológicos que tiene lugar en su seno, cuya sucesión configura el clima de cada una de las zonas del planeta.

Pero la atmósfera no es el único vehículo para compensar las diferencias térmicas provocadas por la desigual incidencia de la radiación solar sobre cada uno de los puntos del planeta. En una atmósfera estática la particular mezcla de gases que la componen posibilita el efecto invernadero que mantiene la temperatura global media de la Tierra dentro de los límites de habitabilidad. Igualmente, la existencia en ella de ciertas cantidades de ozono hace que la parte más energética de la radiación ultravioleta solar sea filtrada antes de llegar a la superficie de la Tierra.

Todos estos gases atmosféricos, en especial el ozono y el vapor de agua, presentan una variabilidad espacial y temporal: evolución cíclica a lo largo del año, fluctuaciones entre días consecutivos y marcadas diferencias entre altas y bajas latitudes como resultado de complejos procesos físico-químicos y dinámicos.

La formación del ozono tiene lugar entre la alta estratosfera por la acción de la radiación ultravioleta solar sobre el oxígeno molecular y las posteriores reacciones químicas que se producen (Chapman 1930). Mientras que en esta zona la cantidad de ozono depende íntimamente de los procesos fotoquímicos, en alturas inferiores las reacciones fotoquímicas disminuyen su importancia relativa, haciendo que la vida media de la molécula pase de segundos a días, empezando a depender su concentración de los mecanismos de transporte. La capa de ozono se encuentra en nuestra región a unos 22 km de altura y es donde se acumula la mayor parte del ozono estratosférico protegido de la radiación ultravioleta por el ozono de niveles superiores. Es precisamente el ozono el causante de la particular distribución de temperaturas estratosféricas, en donde las temperaturas superiores se encuentran en la alta estratosfera y las inferiores en la baja estratosfera.

A lo largo del año, la mayor cantidad de ozono se produce en zonas Ecuatoriales. Desde allí, los movimientos circulatorios (ondas de gravedad) lo transportan a latitudes mayores que en esa época estén en invierno, de tal forma que, pese a ser la zona donde mayor es la producción de ozono, es donde éste se encuentra en menores cantidades.

Los valores máximos de ozono en una zona determinada se encuentran al comienzo de la primavera y los mínimos en otoño, debido a que el régimen de vientos estratosféricos está dirigido hacia el hemisferio de invierno, haciéndose más intensos al finalizar esta estación y disminuyendo hacia el final de la primavera. Esta es la razón por la que la distribución del ozono tenga un marcado carácter cíclico con periodicidad anual.

El espectro de acción eritemática

Los efectos de la radiación UV sobre los seres vivos son muy diversos y su estudio ha merecido una atención considerable en los últimos veinte años. Pueden referirse a la acción sobre la piel, sobre los ojos, sobre las plantas, etc. También el ADN se ve afectado, habiéndose localizado la acción de la radiación UV a nivel de las bases pirimídicas de la doble hélice del ADN, produciendo efectos que son oncogénicos y específicos en fotocarcinogénesis.

La acción sobre las pieles humanas se manifiesta de varias formas, siendo las más comunes la acción eritemática y el desarrollo del cáncer de piel. Las neoplásias fotoinducidas más frecuentes son los epitelomas, en los que la alteración se produce por la aparición de nuevos antígenos por daño del ADN no reparado, e inmunosupresión que no permite el reconocimiento de estos antígenos. Desde 1973 la tasa de crecimiento del melanoma ha sido cuantificada en un 4% anual y, a nivel mundial, dos millones de personas desarrollan cada año algún tipo de cáncer de piel, de los cuales un 10% aproximadamente devienen en melanoma maligno. No obstante, aunque estudios epidemiológicos parecen implicar a la radiación UV en la patología de este tumor, hechos como la existencia del melanoma en las mucosas hacen que esta influencia sea discutible.

Los primeros estudios sobre el eritema se abordaron hace más de 70 años y pronto quedó establecido que el espectro de acción del eritema humano muestra un máximo absoluto en los 297 nm y un mínimo relativo en los 280 nm. La CIE (Comisión Internacional de l'Eclairage) adoptó en 1987 una "Curva Estándar de Eritema" propuesta originariamente por Coblenz y Stair (1934) y establecida de forma definitiva por Mc Kinley y Diffey (1987). Esta curva es la más utilizada actualmente para la determinación de las dosis eritemáticas.

El análisis de la influencia eritemática se realiza a partir de la dosis mínima necesaria para producir un enrojecimiento apreciable en una piel normal (MED, Minimal Erithemal Dose). En muchas ocasiones, en vez de dosis mínima se emplea el tiempo necesario para producir dicho enrojecimiento, dado en minutos. La MED siempre está referida a un cierto tipo de piel considerada como normal, y por lo tanto, será necesario modificar esta MED en función de otros factores como puede ser el color de la piel, los posibles medicamentos fotosensibilizadores o simplemente la posición

relativa de la superficie irradiada respecto a la radiación incidente, utilizando parámetros como la latitud. La combinación de la curva de irradiancia solar UV con la de la respuesta espectral de la piel humana da lugar a la dosis eritemática real al nivel de suelo.

Los pasos más importantes para llegar al establecimiento de un índice de predicción de dosis eritemática pueden reunirse en los siguientes puntos:

1. Análisis del espesor de cada capa de ozono basado en los datos del día anterior, proporcionado vía satélite.
2. Pronóstico de contenido de ozono, realizado a partir de un método estadístico de regresión múltiple que considera las medidas de los últimos días.
3. Estimación de la irradiancia UV espectral que alcanzará la superficie terrestre al mediodía. Existen varios modelos teóricos, cuya complejidad viene dada en función del número de parámetros que se utilizan en la estimación. Estos valores de irradiancia espectral vienen expresados en $\text{mW}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{nm}^{-1}$.
4. Obtención de la irradiancia integrada en el intervalo de longitudes de onda deseado. Puede realizarse separando las bandas UVB y UVA, o integrando a lo ancho de la banda UV. Esta integración se realiza ponderando los valores respecto al espectro de acción eritemática normalizado (a 1 para 279 nm). Los valores así obtenidos vienen expresados en $\text{mW}\cdot\text{m}^{-2}$.
5. Los cálculos anteriores se realizan bajo la hipótesis de cielo despejado, teniendo en cuenta los factores que influyen en la atenuación de la irradiancia, como son los aerosoles.
6. Los valores de irradiancia obtenida se integran a lo largo de una hora, normalmente centrada en el mediodía solar. Estos valores de irradiación vienen expresados en $\text{J}\cdot\text{m}^{-2}$, y constituyen la dosis horaria de irradiación UV máxima posible para el día en que se realiza la predicción.

• EL ÍNDICE ULTRAVIOLETA UVI

Desde hace varios años, algunos países han introducido diferentes estrategias para cuantificar la irradiación ultravioleta eritemática en un número que pueda ser fácilmente entendible por el público en general. El punto de partida de esta acción fue la evidencia de que el aumento de la irradiación UV.B incrementa significativamente el riesgo de contraer cáncer de piel, afecciones oculares y toda una serie de patologías de las cuales la población debería ser informada adecuadamente. Así pues, este índice ultravioleta será útil a la hora de planear actividades al aire libre y prevenir sobrexposiciones al sol

Las definiciones usadas para calcular este “índice UV” varía de un país a otro y se hace necesario definir un método común estándar único.

Tras diferentes congresos internacionales la comunidad científica llegó a un acuerdo en 1966. El estándar índice UV UVI (UV-Index) se define de la siguiente manera:

**1 UVI corresponde a una irradiancia de
 $1/40 \text{ W/m}^2 = 25\text{mW/m}^2$ de radiación UV.B efectiva**

La irradiancia UV.B que determinará este índice debe ser medida alrededor del medio día solar y la radiación UV.B efectiva es el resultado de la suma de la intensidad

medida en cada longitud de onda previamente multiplicada por un factor que cuantifica la sensibilidad en particular de la piel humana a esa longitud de onda (CIE, 1987).

La dosis eritémica mínima MED (Minimal Erythemal Dose) se define como la dosis de radiación capaz de producir un enrojecimiento apreciable en una persona de piel catalogada como Tipo II.

$$1 \text{ MED} = 210 \text{ J/m}^2 \text{ de irradiancia UV efectiva}$$

No obstante, se puede definir igualmente cual sería la dosis mínima necesaria para producir un eritema en una persona con tipo de piel III ó IV

PIEL TIPO III ----- 1 MED = 350 J/m² de irradiancia UV efectiva

PIEL TIPO IV ----- 1 MED = 480 J/m² de irradiancia UV efectiva

Este Índice UVI establecido en un principio en Canadá y aceptado como el estándar por la EPA contempla 4 categorías que son:

INDICE UV	
Menor que 4	Bajo
Entre 4 y 7	Moderado
Entre 7 y 9	Alto
Mayor que 9	Extremo

































Naturalmente no todas las personas son igualmente sensibles al Sol. Las pieles morenas son más resistentes que las pieles blancas o que los niños. Es por ello por lo que en función del INDICE UV y del tipo de piel, será necesario tomar unas u otras medidas. Hay evidencias de que ciertos cánceres de piel se relacionan más con la cantidad de radiación recibida por la piel durante la infancia que con la recibida en la vida adulta.

Una persona puede conocer de forma sencilla su grado aproximado de sensibilidad a la radiación UV en base al color natural de su piel y la tendencia a quemarse o a broncearse nada, lentamente con un color final suave, o rápido y con bronceado final intenso. El color natural de la piel debe observarse en áreas habitualmente no expuestas a la luz, como la zona interna del brazo o muslo. Se consideran 4 tipos básicos de piel:

Tipos de piel	
I	Piel no expuesta blanca, de tono alabastro (lechoso). Al tomar el sol, siempre se quema fácilmente y después descama la piel; nunca logra broncearse o lo hace lenta y mínimamente.
II	Piel no expuesta blanca o de tono mínimamente marrón. Puede quemarse con facilidad y descamar si se expone intensamente. Puede broncearse gradualmente, con tono marrón suave o medio.
III	Piel no expuesta de tono marrón, más o menos intenso pero claramente apreciable. Raramente se quema; se broncea rápidamente con tono intenso.
IV	Piel no expuesta de tono marrón intenso o negro. Nunca se quema; se broncea de forma rápida y muy intensa.





Una vez conocido nuestro tipo de piel, hemos de adoptar unas medidas de protección que se ajusten a este tipo de piel y a la intensidad de la radiación UV en un día particular (Índice UV). Las siguientes medidas pueden servir de guía para decidir que precauciones tomar o para conocer en cuanto tiempo al Sol causará enrojecimiento en la mayoría de las personas con su tipo de piel.

Niños y adultos con pieles de tipo I y II Adultos con pieles de tipo III y IV

INDICE UV	Medidas a tomar	INDICE UV	Medidas a tomar
1-2	  	1-2	 
3-4	  	3-4	  
5-6	    Bebes	5-6	  
7-8	    Niños	7-8	  
9-10	   	9-10	  

*(Imagen elaborada por la Facultad de Ciencias de la Universidad de Valladolid)

En los dos Cuadros anteriores aparecen unos iconos representando las medidas a tomar según el índice, vamos a explicar el significado de estos iconos:

-  Esta imagen indica la ropa que debemos llevar (camiseta, gafas y sombrero).
-  Esta imagen nos indica a partir de cuantos minutos el sol va a producir un enrojecimiento de nuestra piel.
-  Esta imagen nos indica el tipo de crema fotoprotectora a usar (ninguno si no aparece).
-  Esta imagen aparece cuando debemos ponernos a cubierto (dependiendo de la edad).

La radiación directa ultravioleta. Factores de los que depende

Los componentes o elementos que afectan a la radiación UV son, por orden de importancia, la absorción del ozono. Como ya se ha mencionado, la dispersión por moléculas y la debida a aerosoles. Debemos también mencionar el albedo del suelo, que aunque para el caso de la radiación UV se suele considerar constante con la longitud de onda tiene mucha importancia en altas latitudes (nieve y hielo) y también debido a la gran variabilidad de los albedos sobre la superficie de la Tierra.

Obviamente, el elemento más importante en la evaluación de la radiación UV es el ángulo cenital pero este elemento lo vamos a considerar como un factor intrínseco conocido, y que no nos va a afectar cuando precisemos evaluar la influencia de los otros factores. No hemos mencionado hasta aquí a la nubosidad, siendo éste el elemento más importante, pero de momento no va a ser considerado pues vamos a trabajar bajo cielos claros sin nubosidad. Finalmente reseñar la importancia de la altitud como un parámetro ciertamente interesante en la medida y evaluación de la radiación UV, pues es de todos bien conocida una mayor sobreexposición a esta radiación en altas zonas de montaña. La evaluación de este término en el scattering de moléculas se realiza a través de la presión en ese punto y la de aerosoles se haría relativa a la disminución que sufre la capa de aerosoles a medida que aumenta la altura.

A su vez debemos mencionar la posible influencia de la distribución en altura (perfil vertical de estos componentes) tanto del ozono como de los aerosoles. El primero de ellos parece no modificar a ésta y en el caso de los aerosoles es más difícil de evaluar.

CUIDADOS DE LA PIEL: PROTECCIÓN SOLAR



Usar sombreros, gafas de sol, y aplicarse cremas con filtro solar evitan el riesgo de contraer insolaciones o cáncer de piel.

El farmacéutico conoce las distintas alteraciones que las agresiones solares originan en la piel, especialmente en el caso de uso de medicamentos fotosensibilizantes, siendo su tarea fundamental ofrecer la información necesaria a la población para prevenir las consecuencias de indiscriminadas exposiciones al sol.

La Tierra está sometida de forma ininterrumpida a las radiaciones electromagnéticas, que proceden del sol, y que están formadas por diminutas partículas de energía, fotones, que vibran y se desplazan describiendo una onda. El espectro de radiación solar se encuentra dividido en sectores, en función de la longitud de onda de las radiaciones, siendo la energía de una radiación inversamente proporcional a su longitud de onda. El oxígeno y el ozono de nuestra atmósfera realizan una labor de filtración que impide el

paso de los rayos cósmicos, gamma y X y las longitudes más cortas de los ultravioletas (UVC). Así, hasta nosotros llega:

- 49,5% de radiación IR (10.000-800 nm de longitud de onda).
- 44,3% de radiación visible (800-400 nm).
- 6,2% de radiación ultravioleta (400-200 nm):
- 5,9% de UVA largos y cortos (400-320 nm).
- 0,3% de UVB (320-290 nm).

Penetración de la radiación solar en la piel

Una parte de la radiación solar es capaz de penetrar en las distintas capas de la piel, a pesar de la capa córnea y de la melanina, pigmento colorante y protector, originando:

Fotobiología. Se produce un encuentro entre los fotones y las moléculas del tejido cutáneo (ácidos nucleicos, queratinas, colágeno, melanina...). Las moléculas capaces de absorber fotones se denominan cromóforos; cuando se absorben fotones de una determinada longitud de onda se originan cambios fotoquímicos.

Daños moleculares. Los fotones UV pueden alcanzar el DNA de las células cutáneas y desencadenar varios tipos de alteraciones. Si superan las posibilidades de reparación fisiológica, causan anomalías que heredan el conjunto de células descendientes de la primera célula dañada.

Mecanismo de defensa de la piel

La mayoría de las agresiones solares pueden ser reparadas por mecanismos fisiológicos complejos pero, a veces se ven sobrepasados y, por tanto, se hace necesaria la fotoprotección externa. Estos mecanismos son:

Melanogénesis. Proceso de fabricación y distribución de las melaninas (eumelanina y feomelanina) responsables del color de la piel y del cabello y regulado por la radiación UV, estímulos hormonales y factores hereditarios. La eumelanina se encuentra en el 60% de las personas morenas y es un filtro activo contra la radiación UVB. La feomelanina de las personas pelirrojas, que apenas se broncean, no es fotoprotectora.

Hiperqueratosis. Es una reacción epidérmica ante la radiación solar, caracterizada por un engrosamiento del estrato córneo. Constituye una respuesta retardada del tejido cutáneo a la agresión solar equivalente a un coeficiente de protección 2 ó 3. Esta acción protectora se refuerza con los lípidos de superficie y el ácido urocánico del sudor.

Protección contra radicales libres. Estos son moléculas capaces de iniciar reacciones fotoquímicas y causar deterioro celular, frente a las cuales el organismo ha desarrollado unos mecanismos basados en:

- Los sistemas enzimáticos, que persiguen mantener a estos radicales en unas concentraciones compatibles con la actividad celular.
- Sistemas de reparación del DNA celular. Los fotones UV alcanzan el DNA de las células cutáneas. Diversos enzimas reconocen y eliminan las alteraciones del material cromosómico inducidas por la radiación UV.
- Existen vitaminas y oligoelementos, que actúan como captadores de radicales libres, son el tocoferol, ácido ascórbico, el glutatión, los carotenos, selenio, zinc y cobre.

Ante una fuerte agresión, como la exposición intensa a radiación UV, estos mecanismos no pueden detener la producción excesiva de radicales libres.

Efectos biológicos del sol sobre la piel

Los efectos de las radiaciones solares en la piel son:

Radiación UVA: es responsable de la pigmentación inmediata; tiene escaso poder eritematogénico y es responsable de alteraciones del DNA, envejecimiento actínico o fotoenvejecimiento, potenciación de los efectos nocivos de UVB, reacciones de fototoxicidad y fotoalergia en presencia de ciertas sustancias, etc.

Radiación UVB: a dosis moderada presenta actividad antitumorigénica estimulando la formación de vitamina D; también tiene poder eritematogénico, origina engrosamiento del estrato córneo, disminución de la capacidad del sistema inmunológico y cáncer de piel (fotocarcinogénesis).

Radiación IR: origina enrojecimiento de la piel, elevación de la temperatura con resecaamiento por pérdida de humedad; contribuye a acelerar los efectos negativos de la radiación UV (fotoadición).

Según el momento de aparición tras la exposición solar, se pueden clasificar los efectos en: inmediatos, retardados, a largo plazo y efectos accidentales.

Efectos inmediatos

Acción calórica. La radiación IR penetra hasta la hipodermis, transformando su energía en calor. Produce una vasodilatación dérmica que se manifiesta como eritema, y una mayor temperatura cutánea con sensación de calor. La piel, mediante un mecanismo termorregulador reflejo, provoca la sudoración. Cuando estos mecanismos termorreguladores se saturan, se producen los fenómenos de insolación y posteriormente "el golpe de calor" (hiperemia y cambios en la conciencia).

Pigmentación inmediata. El bronceado inmediato comienza con la débil energía de la radiación UVA y la luz visible, que oxidan la melanina incolora del interior de los melanosomas, y dispersan los melanosomas en los queratinocitos.

Efectos retardados

Eritema solar. La agresión solar sufrida por la piel poco pigmentada provoca una respuesta aguda en forma de eritema. Se produce sobre todo por la radiación UVB, entre dos y seis horas después de la exposición, y es máximo a las 24 horas. Hay varios grados: eritema (1er grado), rojo (2º grado), doloroso (3º grado), ampollas (flictenas), fiebre y dolor de cabeza (4º grado).

- Dosis eritematosa mínima (MED): dosis mínima de radiación UV que induce la aparición de un eritema retardado. La MED es distinta para cada individuo

Engrosamiento del estrato córneo. Es un proceso denominado hiperqueratosis, que se produce por una mayor actividad mitótica de las células epidérmicas ante la acción de la radiación.

Pigmentación retardada o indirecta. Se trata del bronceado duradero, cuyo responsable es la radiación UVB. Se inicia alrededor de dos días después del comienzo de la exposición, tiempo necesario para la síntesis de melanina.

Efectos a largo plazo

Envejecimiento actínico. Se distinguen dos tipos de envejecimiento cutáneo, intrínseco y extrínseco, del que podemos destacar el actínico o fotoenvejecimiento. En el proceso de fotoenvejecimiento surgen una serie de trastornos:

- Hiperqueratosis irregular del estrato córneo.
- Cúmulos parcelarios de melanina en la epidermis.
- Pobre vascularización dérmica.
- Pérdidas de fibras colágenas.
- Elastosis.
- Alteraciones acneiformes.

- Queratosis actínicas (lesiones precancerosas) y cáncer cutáneo, si la exposición al sol continúa.

Cáncer actínico. La incidencia del cáncer actínico está aumentando de una forma preocupante en todo el mundo. No se conoce con exactitud qué mecanismo acciona la actividad tumorigena, pero se cree que no sólo se debe a una acumulación de dosis de radiación, sino que también influyen otros factores, como el envejecimiento fisiológico, que reduce la capacidad del DNA, la densidad melanocitaria y la respuesta inmunitaria. Se distinguen dos tipos de cánceres:

- Epiteliomas: directamente relacionados con la acumulación de radiación solar recibida desde el primer día de vida.
- Melanomas malignos: son los iniciados por exposición de corta duración pero muy intensas.

Efectos accidentales

Alteraciones de la pigmentación de la piel (discromías). Las discromías son afecciones cutáneas caracterizadas por una modificación del color normal de la piel debido a un trastorno de la pigmentación:

- Hiperpigmentación, aumento o hiperpigmentación.
- Hipopigmentación, disminución o pérdida de pigmento.

Entre las hiperpigmentaciones es importante destacar:

Eférides o pecas: máculas congénitas color café con leche determinadas genéticamente. Son muy frecuentes en sujetos pelirrojos y aparecen o se acentúan con la exposición solar.

Nevus o lunares: más oscuros que las pecas, aparecen en cualquier zona cutánea. Pueden ser malignos.

Melasma: presenta manchas oscuras con bordes definidos y localizados en zonas expuestas al sol. Antiguamente se les denominaba cloasmas.

Lentigo: manchas oscuras uniformes de bordes bien definidos y menores de 1 cm, su número aumenta y se oscurece con el sol.

Hiperpigmentación por fotosensibilización: la más conocida es la dermatitis por perfumes.

Fotosensibilización. Es la reacción adversa que se presenta en la piel como respuesta a la interacción de la radiación solar (UVA) con sustancias fotosensibilizantes (como algunos medicamentos y ciertos cosméticos, por ejemplo) que se encuentran en la superficie cutánea debido a su administración tópica o sistémica. La clínica, de menor a mayor grado de afectación, es: eritema, pápula, vesícula y ampolla. Los efectos de la fotosensibilización no se deben confundir con la dermatosis originada por una exposición prolongada al sol, en la que no interviene sustancia química alguna.

En función del mecanismo de acción, las reacciones de fotosensibilización se clasifican así:

- **Fototoxicidad o fototoxica:** se produce cuando una sustancia química absorbe una determinada longitud de onda de la radiación incidente y transfiere la energía captada a las células cutáneas. La intensidad de la fototoxicidad es directamente proporcional a la dosis de sustancia fotosensibilizante y a la cantidad de radiación incidente. La irritación suele aparecer después de la irradiación, viéndose sólo afectadas las zonas expuestas al sol, aunque en algunos casos son necesarias múltiples exposiciones al agente causal. Los procesos inflamatorios crónicos (eritema rojo-violáceo) aparecen por exposiciones continuas.

- **Fotoalergia:** son reacciones de naturaleza inmunológica. La sustancia fotosensibilizante, al absorber radiación UVA (320-400 nm), da lugar a un producto antigénico, desencadenándose la reacción alérgica. A diferencia de la fototoxica, la

intensidad de la reacción es independiente de la concentración del fotosensibilizante y de la cantidad de radiación recibida. El cuadro clínico se manifiesta con la aparición de erupciones eccematosas, papulares, eritematosas, vasodilatación y edema. Con frecuencia, las lesiones pueden extenderse a zonas que no han estado expuestas a la radiación.

Protección solar

Por todo lo expuesto, una de las formas de prevenir los efectos perjudiciales del sol es la correcta utilización de protectores solares o fotoprotectores, que contienen filtros que protegen de las radiaciones nocivas del sol.

Factor de protección solar (FPS)

Es la relación entre el tiempo necesario para la aparición de un eritema, usando un filtro solar, y el tiempo necesario para generar el mismo eritema sin el filtro.

$$\text{FPS} = \frac{\text{Dosis mínima eritematógena con fotoprotección}}{\text{Dosis mínima eritematógena sin fotoprotección}}$$

Este valor nos orienta acerca del múltiplo de tiempo que podemos tomar el sol sin peligro, en comparación con el tiempo de exposición con filtro protector. Por ejemplo, a una persona capaz de permanecer el primer día de exposición 15 minutos sin riesgo de quemaduras, un factor de protección solar 8 le protegerá del sol sin riesgo durante 120 minutos (8 x 15).

Atendiendo a los índices de protección solar, la FDA clasifica los fotoprotectores como:

- Protección mínima: están incluidos los índices 2 a 4.
- Protección moderada: índices 4-6.
- Protección extra: índices 6-8.
- Protección máxima: índices 8-15.
- Protección ultra: con índices superiores a 15.

Métodos de determinación del FPS

En la metodología empleada para esta determinación es donde surgen las diferencias y, en consecuencia, se obtienen unos valores de factor de protección solar diferentes. Así, según el método empleado en la determinación, se obtienen diferentes valores de FPS. Por ejemplo, la correspondencia del FPS entre los métodos DIN y FDA sería:

DIN	3	6	10	15
FDA	6	10	12	21

Filtros solares

Son sustancias capaces de reflejar o absorber una parte del espectro de la radiación solar. Los filtros solares se pueden dividir en:

Filtros físicos: son sustancias que reflejan la luz UV e IR. Entre ellos se pueden destacar el dióxido de titanio y el óxido de zinc.

Filtros químicos: son sustancias químicas que absorben la luz UV actuando como cromóforos, modificándose e impidiendo que las radiaciones afecten a las estructuras cutáneas. La presencia de estos filtros en un protector solar viene legislada en el Real Decreto 1599/1997, de 17 de octubre, donde se expone una lista de filtros admitidos, y otra de filtros admitidos provisionalmente.

- Filtros físicos reflectantes. Son sustancias minerales que se utilizan en forma de suspensión y son opacas a la luz. Tienen capacidad de reflejar las radiaciones (UVB, UVA, visible). Poseen el efecto de blanquear la piel, ya que reflejan la luz visible. Los avances tecnológicos han permitido evitar ese inconveniente mediante la elaboración de sustancias micronizadas, que siguen reflejando la luz UV aunque, por su menor tamaño de partícula, no reflejan la luz visible. Son sustancias de este grupo: óxidos de hierro y cinc, dióxido de titanio, silicatos (arcillas, caolín, bentonita) y talco.
- Filtros químicos. Sustancias capaces de absorber longitudes de onda del espectro UV (UVB o UVA), transformando la energía incidente en energía no dañina. Los principales grupos de filtros químicos son: PABA (ácido p-aminobenzoico) y derivados, cinamatos, antralinatos, salicilatos, benzofenonas, dibenzoilmetano, benciliden-alcanfor. Actualmente se investigan nuevas moléculas inocuas con capacidad de filtración del UVA-lejano, causantes de las reacciones de fototoxia y fotoalergia. El uso de fotoprotectores con filtros UVB aumenta la exposición a radiación UVA, ya que al evitar el eritema alargan la exposición al sol sin filtrar el UVA. Es preciso recordar que la radiación UVA es la causante de los daños seniles más significativos de la dermis.

Factores que influyen en la efectividad del FPS

Factores dependientes del producto. Interesa la asociación de diferentes filtros químicos, incluso con filtros físicos, por dos motivos:

- Eficacia: todos los filtros químicos tienen un perfil espectrofotométrico distinto, por lo que una adecuada asociación permite la protección frente a un espectro más amplio.
- Seguridad: algunos filtros químicos pueden ser inductores de reacciones fotosensibilizantes, por lo que su utilización, a menores concentraciones, puede evitar la aparición de efectos adversos. En consecuencia, hay que combinar dos o tres filtros químicos, en menor proporción, antes que utilizar uno solo a mayor concentración, para alcanzar el mismo factor de protección.

Es necesario diferenciar dos conceptos sobre la resistencia de los preparados solares al agua:

Water-resistant: es aquel producto que resiste una inmersión de 40 minutos, o dos de 20 minutos.

Water-proof: producto que permanece sobre la piel tras un baño de 80 minutos o cuatro de 20 minutos.

Un producto que cumpla uno de estos requisitos se puede considerar también resistente a la transpiración.

Como conclusión, el fotoprotector ideal debe reunir las siguientes características:

- Buena penetración y fijación en las capas epidérmicas, asegurando una protección prolongada.
- Resistente al agua y a la transpiración.
- Estable a la luz, aire, humedad y calor.
- Ausencia de toxicidad aguda o crónica.
- Buena tolerancia por la piel, inocuidad.
- Buena absorción de radiaciones nocivas.

Factores dependientes del medio ambiente

- Angulo cenital solar: la perpendicularidad con la que nos llega la radiación será función de nuestra latitud geográfica y de la estación del año.
- Hora del día: la radiación más intensa se produce entre las 12:00 y las 15:00 horas.
- Altitud: las radiaciones solares son más nocivas en la montaña que en el valle.

- Factores ambientales: niebla, nubes, contaminación... El 90% de la radiación UV es capaz de atravesar las nubes, persistiendo así el riesgo de las quemaduras.
- Contenido de Ozono atmosférico: el ozono actúa como filtro a las radiaciones UV nocivas
- Albedo: la nieve, el agua y la arena reflejan la radiación incidente, por lo que se suman sus efectos a los de la radiación directa a la piel.

Factores individuales

El número de horas posibles de exposición y, sobre todo, la respuesta del individuo a la radiación solar, dependen del fototipo cutáneo, es decir, del tipo de piel sobre el que va a actuar la radiación. Según el grado de sensibilización de la piel a la radiación UVB, los individuos se clasifican en seis fototipos cutáneos.

Para calcular el fototipo se pueden contestar una serie de preguntas: ¿peças en verano?, ¿color de la piel en invierno?, ¿tono de bronceado?, ¿eritema antes del bronceado?, ¿eritema después de tres semanas de exposición solar?

Existen una serie de situaciones con especial riesgo de efectos indeseables ante la exposición a las radiaciones solares:

- Niños: tienen una piel fina y sensible, ya que su capa córnea es más delgada, siendo más fácilmente agredida por agentes externos. Por su hábitos de juego pueden recibir dosis mayores de radiación que un adulto y, por tanto, con más peligro de insolación y deshidratación. Por ello se recomienda una alta protección en estos casos.
- Ancianos: tienen la piel traumatizada y el sistema inmunológico debilitado por el paso de los años, por lo que es recomendable la protección de las radiaciones solares.
- Embarazo: se recomiendan productos de alta protección, ya que existe más riesgo de que aparezcan manchas.
- Enfermedades: algunas enfermedades suponen un riesgo de efectos adversos ante la exposición al sol (vitiligo, porfiria, lupus eritematoso, herpes, albinismo, ciertos acnés, cicatrices...).
- Medicación: ciertos fármacos pueden ocasionar fenómenos de fototoxicidad o fotoalergia.

Otros componentes de los protectores solares

- Un producto para la protección solar debe poseer capacidad hidratante para compensar las pérdidas de agua por acción de la radiación IR y por el efecto de los radicales libres sobre el colágeno, los lípidos epidérmicos y sobre los fibroblastos dérmicos. Por ello, el protector solar irá acompañado de los hidratantes necesarios.
- El empleo de antioxidantes naturales estaría justificado por la neutralización de radicales libres (vitamina E, vitamina C, vitamina A).
- Es recomendable la inclusión de sustancias con poder antiinflamatorio para contrarrestar el efecto inflamatorio de la radiación solar.

Bronceado cosmético

La sociedad actual parece haber aceptado el bronceado como símbolo de salud y calidad de vida, de ahí que el usuario acuda a las oficinas de farmacia en busca de productos que simulen el bronceado.

Bronceadores

Son las sustancias que inciden en la coloración de la piel obtenida por medios artificiales por activación de los mecanismos biológicos que producen el bronceado de la piel. Se distinguen dos tipos de productos:

- Autobronceadores. Sólo colorean la piel, no interviene la melanina, por lo que no poseen efecto protector sobre la piel. Los de aplicación tópica son sustancias que reaccionan con las células epidérmicas y las colorean fuertemente sin necesitar la energía de activación sola: Extracto oleoso de nuez (2-4%), aceite de zanahoria (Beta-caroteno) y extracto de té.

Existe otro grupo de sustancias que colorean la piel a nivel superficial, por su acción sobre la queratina. El más utilizado es la dihidroxicetona (DHA), que reacciona con los grupos aminos libres de las proteínas cutáneas (aminoácidos de queratina: tirosina, fenilalanina, triptófano). Esta acción se limita a la capa superficial de la piel. La aplicación de un cosmético que contiene DHA debe realizarse de forma cuidadosa y homogénea para evitar la coloración cutánea irregular, ya que se acumula en células muertas. El color no puede ser eliminado con el lavado, pero sí de forma mecánica (stripping). Se suele utilizar en concentraciones del 2,5%.

Activadores del bronceado

Son sustancias que estimulan la síntesis de melanina, por lo que presentan efecto protector sobre la piel. Podemos distinguir:

- Sustancias activadoras de la melanina: entre este tipo de sustancias se encuentra la tirosina, aminoácido que participa en la formación de melanina. Se emplea el tirosinato de glucosa para mejorar su solubilidad, y se transforma en tirosina en la piel que, en presencia de rayos UVB, activa el proceso de bronceado. Se utiliza en concentraciones del 2%.

- Sustancias estimuladoras de la formación de melanina y su migración a la superficie: son representativos de este grupo los psoralenos, componentes naturales de las esencias de cítricos (citrus). Son los grupos cromóforos de los psoralenos, que absorben la radiación UVB y UVA, y estimulan la síntesis de melanina y su migración a la superficie. El Ministerio de Sanidad limitó, el 1 de julio de 1997, la concentración de 5 metoxipsoralenos a 2 ppm en los cosméticos.

Dispensación

Zonas corporales

- Cara: está sometida a una intensa exposición al sol (especialmente en la montaña y en las pistas de esquí), por lo que necesita mayor hidratación, oxigenación y protección solar. Esto se consigue con una aportación constante de emulsiones ligeras y de fácil absorción, que proporcionan la hidratación, oxigenación y protección perdidas, ya sea en forma de cremas o de leches con el FPS adecuado.

- Nariz y pómulos: son zonas en las que la piel es más fina, por lo que ante exposiciones al sol será necesario mantener el equilibrio de la capa protectora cutánea, tanto hidrofílica como lipídica.

- Mucosa labial: los labios no poseen glándulas sudoríparas y son muy escasas las glándulas sebáceas, por lo que su capacidad para deshidratarse y researse es alta. Es necesario el uso de sticks o lápices que contengan filtros:

- Ojos: es importante su protección por las posibles lesiones que es capaz de ocasionar la radiación solar (afaquias, fotorretinitis, cataratas, conjuntivitis). La utilización de unas gafas adecuadas con un buen filtro UV será esencial. Se utilizarán geles, emulsiones o cremas especiales destinados al contorno de ojos, para proteger la órbita ocular.

- Manos: en la montaña y en la nieve es recomendable el empleo de guantes transpirables, que mantienen el calor orgánico y la hidratación natural de la piel. Para proteger las manos se puede utilizar una crema o emulsión con poder epitelizante.

- Cuerpo: utilizaremos preferentemente leches (emulsiones w/o y o/w con siliconas que aumentan su resistencia al agua) con el FPS adecuado.

Tipo de piel

- Piel grasa: es una piel con un elevado número de glándulas sebáceas hiperactivas que proporcionan una capa de grasa abundante. También presenta poros dilatados que se llenan de sebo (comedones), que al oxidarse con el aire forman las espinillas. Su tratamiento se basa en emulsiones, geles y tónicos astringentes con principios activos que reduzcan la producción sebácea.
- Piel seca: poco flexible, fina, queratolítica y con tendencia a la formación de arrugas. Esto se debe a la baja presencia de lípidos cutáneos y a la existencia de una escasa película hidrófila, ya que las glándulas sebáceas están poco desarrolladas. Su cuidado se basará en emulsiones y cremas humectantes y lipídicas.
- Piel mixta: se caracteriza por la presencia de dos tendencias: seborreica (frente, nariz, mentón) y seca (mejillas, contorno de ojos y pómulos) con una piel frágil y fina. En la parte seborreica se utilizarán emulsiones astringentes y, en la parte seca, productos hidratantes y lipídicos.
- Piel normal: en este tipo de piel el equilibrio hídrico y lipídico es perfecto. La presentan los niños y los adolescentes. El cuidado tratará de mantener este equilibrio, considerando la sensibilidad que generalmente presentan los niños al sol.

Formas galénicas

- Crema solar: pensada para pieles secas, sensibles o dañadas, proporciona una película emoliente, que hidrata, nutre y protege contra el sol, el viento y la sal.
- Leche solar: de consistencia más ligera que la crema solar, es de principal elección para las personas con pieles normales, mixtas o con tendencia a grasa.
- Geles solares: especialmente indicados para personas con piel grasa.
- Aceites: son preparados en cuya composición forma parte un vehículo oleoso. A pesar de los intentos realizados, sigue siendo incómoda su aplicación. No son recomendables para personas sensibles al sol.
- Protectores labiales: con ellos no sólo se persigue la protección frente a la radiación UVA y UVB, sino también evitar la aparición de fisuras y resecaimiento, por lo que presentan entre sus componentes, hidratantes y protectores contra la desecación.

Consejos al usuario

Antes de la exposición solar:

- La piel debe estar correctamente hidratada y limpia (sin maquillaje).
- Evitar el uso de productos que contengan alcohol (perfumes, colonias, desodorantes) que pueden producir manchas oscuras en la piel (fotodermatitis).
- Elegir el fotoprotector más adecuado según el fototipo y la modalidad de la exposición, teniendo en cuenta las condiciones ambientales.
- Aplicar el producto solar 30 minutos antes de la exposición solar sobre la piel bien seca.

Durante la exposición solar:

- Evitar tomar el sol, o aumentar la protección: entre las 12 de la mañana y las 3 de la tarde.
- Recordar que el agua, la nieve y la arena reflejan los rayos solares, aumentando los efectos sobre la piel. Sentarse a la sombra no garantiza la protección para evitar una quemadura solar.

- Utilizar el fotoprotector incluso en días nublados.
- Para broncearse, se recomendarán exposiciones cortas al sol (15 minutos) al inicio de la temporada, que irán aumentando gradualmente, siempre acompañadas de aplicaciones de protectores solares.
- Es aconsejable comenzar por un FPS alto durante la primera semana de exposición, para luego pasar a un producto de índice menos elevado.
- El espesor de la película aplicada a la piel influye en la eficacia del fotoprotector. Este factor no puede ser controlado directamente por el farmacéutico, pero sí debe aconsejar al usuario que se lo aplique y extienda en cantidades generosas sobre todas las partes del cuerpo expuestas al sol.
- Se deben extremar las precauciones en las partes del cuerpo más sensibles al sol: cara, cuello, calva, escote, orejas y empeines.
- La protección de los ojos con gafas de sol adecuadas, de los labios con lápices o barras fotoprotectoras y del cabello con sombreros o con productos específicos.
- Evitar la posición de decúbito permaneciendo inmóvil. Moverse bajo el sol modifica constantemente la superficie expuesta y permite una mejor tolerancia al sol.
- Para compensar la pérdida de líquido por la exposición solar, es conveniente ingerir abundante líquido.
- La aplicación del producto solar debe repetirse cada 2 ó 3 horas, y siempre después del baño o excesiva sudoración.

Después de la exposición solar:

- Es importante hidratar la piel, después de una ducha de agua tibia, para recuperar la pérdida de agua y prolongar el bronceado. Existen productos específicos para ello.
- Deberán cuidarse especialmente la cara y el contorno de ojos con productos específicos.

Situaciones especiales

- Ciertos medicamentos pueden producir fotosensibilización, por lo que los pacientes en tratamiento con este tipo de fármacos deberán ser muy precavidos, se aconseja una especial protección: sombreros, ropa y aplicación de filtros solares de elevado FPS.
- Durante el embarazo se recomiendan productos de alta protección, por el riesgo de melasma.
- Algunas patologías y alteraciones de la piel empeoran con el sol: varices, cicatrices, determinados tipos de acné, vitíligo, rosácea, herpes porfiria, albinismo, lupus eritematoso.
- Existen personas con mayor riesgo de padecer cáncer de piel: antecedentes familiares, trabajadores al aire libre, piel muy clara (tipo I y II), deberán aplicarse un fotoprotector de máxima protección todos los días.
- Evitar los sistemas de bronceado artificial. La luz UV emitida causa quemaduras y envejecimiento prematuro y potencia el riesgo de desarrollar cáncer cutáneo. Se debe evitar el uso de esas cabinas solares, salvo que sea por prescripción facultativa. El Ministerio de Sanidad está elaborando un R.D. para establecer las condiciones que deben reunir los aparatos y centros de bronceado.

El sol y los niños

Los niños presentan una serie de diferencias con respecto a la piel del adulto: capa córnea más fina y permeable, escasez de melanina, escasez de sudor, escasez de sebo.

Las insolaciones violentas, sobre todo antes de los 15 años, favorecen la aparición de melanomas (los fototipos claros son los más afectados). Por estas características cutáneas y sus hábitos de juegos, los niños pueden sufrir agresiones solares mayores que las de un adulto. **Los consejos básicos de los niños serán:**

- Nunca exponer al sol a niños pequeños sin utilizar un producto especial de alta protección y resistente al agua.
- Aplicar periódicamente generosas dosis de protector. También importante protegerlos con ropa y cubrirles la cabeza, incluso en la sombra.
- Para evitar la deshidratación, el niño debe ingerir mucha agua.