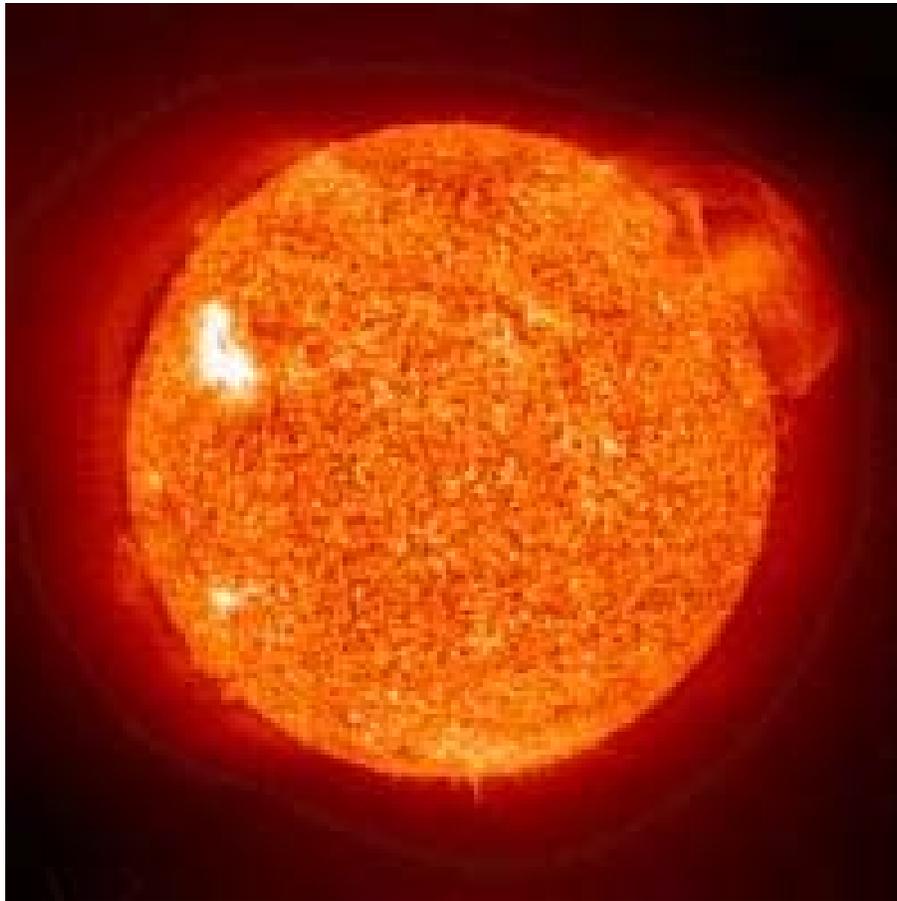


# **INDICE ULTRAVIOLETA**



**Luis Vallejo Delgado**  
**Departamento de Física**  
**Universidad de Antofagasta**

**Año 2003**

# INDICE

PRÓLOGO	
INTRODUCCIÓN	
RADIACIÓN SOLAR UV. UNA BREVE DESCRIPCIÓN	
FACTORES QUE AFECTAN A LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA	
Ozono atmosférico	
Elevación solar	
Altitud	
Dispersión atmosférica	
Nubes y polvo	
Reflexión	
DEFINICIÓN DEL ÍNDICE UV Y SU SIGNIFICADO FÍSICO	
Radiación UV y espectro de acción	
Dosis Eritematógena Mínima (MED)	
El Índice UV. Un parámetro UV para la población	
PREDICCIÓN DEL ÍNDICE UV	
Predicción del Índice UV	
Predicción del Índice UV en Chile	
Resultados acerca de mediciones realizadas en Chile durante 2001 y 2002	
Mediciones realizadas por CONAC y USACH	
CÁNCER DE PIEL DEBIDO A LA RADIACIÓN UV	
Signos de alerta que indican la existencia de un cáncer de piel	
Tipos de cáncer de piel	
Detección precoz del cáncer de piel	
Prevención el cáncer de piel	
Tratamiento del cáncer de piel	
Cáncer de piel en Chile	
USO PRÁCTICO DEL ÍNDICE UV	
El Índice UV. Modificación por nubes y altura	
Tipos de piel	
Tiempo máximo de exposición al sol	
Parte del cuerpo expuesta al sol	
Protección de la piel.	
Recomendaciones	
Factor de Protección Solar (SPF)	
Fotosensibilización y medicamentos fotosensibilizantes	
Filtros solares	
Protección de los ojos	
MEDICION DEL ESPECTRO DE RADIACIÓN UV-B DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN	
Transmitancia.	
Absorbancia.	
Absorbancia de materiales de protección UV-B utilizados en el norte del país	
CLIMATOLOGÍA DEL ÍNDICE UV	
Índice UV en el mundo	
Índice UV en Chile	
Índice UV en Antofagasta	
ÍNDICE UV EN EL SIGLO XXI	
CONCLUSIÓN	
BIBLIOGRAFIA	
APÉNDICES	
AGRADECIMIENTOS	

## PRÓLOGO

Desde principios de los años 70 se viene observando un incremento importante de casos de cáncer de piel, sobre todo en aquellos lugares con mayoría de población de piel clara. La Organización Mundial de la Salud (OMS) utiliza el término de "epidemia" para calificar el significativo incremento del número de nuevos casos de cáncer cutáneo en los últimos años, una de las primeras causas de mortalidad en el ámbito mundial. Baste decir, que en los últimos diez años el cáncer de piel creció 8,3%, principalmente, por la exposición indiscriminada al sol. Hoy la radiación ultravioleta asoma como una amenaza real a la salud de los chilenos

Esta nueva situación se debe, en gran parte, a un cambio en los hábitos relacionados con la exposición al sol, y en concreto a la radiación ultravioleta (UV). En las últimas décadas una piel morena o "tostada" es socialmente considerada como sinónimo de salud y es, en general, mejor aceptada que una piel más blanca.

Por otro lado, el lento pero continuo deterioro de la capa de ozono registrado en latitudes medias y altas viene a agravar la situación ya que, como es ampliamente conocido, el ozono estratosférico es particularmente efectivo como absorbente de radiación UV.

Estas dos circunstancias hacen, en definitiva, que las personas y el medioambiente nos encontremos hoy día expuestos a niveles más altos de radiación UV. La sociedad es cada vez más sensible a los problemas medioambientales y a los daños que los mismos pueden causar sobre la salud y los ecosistemas, y en particular a los ocasionados por la radiación UV.

Cada año, miles de personas visitan o viven en el norte de Chile atraídos por sus paisajes desérticos, costumbres y ofertas de ocio en las que el sol y las actividades al aire libre juegan un papel protagónico, pero fundamentalmente por razones de trabajo, especialmente en diversas empresas mineras de la zona ubicadas en pleno desierto o a grandes alturas sobre el nivel del mar.

Tratar de compatibilizar estas actividades socioeconómicas con una política activa encaminada a reducir los casos de cáncer de piel, y el correspondiente coste que supone para el sistema público de salud, no solo es necesario en un país como el nuestro, sino también posible con los medios técnicos actuales.

Diversas instituciones nacionales, han implementado redes nacionales de observación y vigilancia del ozono estratosférico y de la radiación UV en tiempo real y se han desarrollado modelos de predicción de la radiación UV, que se encuentran totalmente operativos en la actualidad, y cuya información es

diariamente difundida a través de sus respectivas páginas web o distintos medios de comunicación.

Si bien los ciudadanos están familiarizados con variables ambientales, tales como la temperatura y la precipitación, gracias a las informaciones meteorológicas facilitadas en los distintos medios de comunicación, los nuevos términos adoptados por la comunidad internacional para la difusión del nivel de radiación ultravioleta, como el índice ultravioleta (UVI), son totalmente desconocidos para la mayoría de la población.

Algunas instituciones como la Corporación Nacional del Cáncer (CONAC), La Universidad de Santiago (USACH), la Universidad Técnica Federico Santa María (UTFSM) y el Instituto Nacional de Meteorología (INM), están realizando grandes esfuerzos para medir la Radiación Ultravioleta y para difundir y explicar a la población la información técnica sobre la radiación UV y sus efectos, así como sobre las medidas protectoras adecuadas.

En este trabajo se abordan todos estos aspectos, así como también entregar información relacionada con la zona Norte del país y los medios de protección utilizados por la población y los trabajadores de la Región. Por lo que en el desarrollo del presente estudio se tienen los siguientes propósitos fundamentales:

1. Por un lado, se pretende acercar a los ciudadanos y trabajadores, conceptos básicos sobre la radiación UV, utilizados hasta hace muy poco casi exclusivamente por un reducido círculo de técnicos e investigadores, con el fin de que sepan interpretar este tipo de información cuando sea difundida a través de los diferentes medios de comunicación.
2. Por otro lado, trata de informar sobre los daños que la radiación UV puede producir y sobre los medios de protección que se pueden emplear en función de la cantidad de radiación UV y del tipo de piel.
3. También se informa de las características de la absorbancia a la radiación ultravioleta B de diversos tipos de protección utilizados en la región y se dan valores del índice UV en Chile y en particular en la zona norte del país.

Por lo tanto los Objetivos del presente trabajo son:

- Presentar una descripción básica de la radiación solar UV.
- Definir el UVI y las razones de su implementación.
- Describir los métodos para la predicción del UVI.
- Describir cómo la población puede usar el UVI en la práctica.
- Informar sobre el UVI en Antofagasta, Chile y el mundo.
- Informar sobre los medios de protección al UV utilizados en Antofagasta.
- Informar sobre páginas web y otras fuentes de información sobre el UVI.

Somos conscientes de que el proceso de información y educación al ciudadano debe realizarse de una forma gradual y a través de diferentes colectivos profesionales como médicos, farmacéuticos, educadores, periodistas y Organizaciones Gubernamentales y No Gubernamentales, que mantienen un contacto directo y estrecho con la población. Sin embargo, las personas que trabajan en prevención de riesgos en las diversas empresas de la zona, en especial, aquellas cuyos trabajadores deben realizar sus faenas a pleno sol, deben tener un conocimiento mas acabado de estos temas. A ellos va dirigido fundamentalmente este trabajo y que puede utilizarse como guía básica, a fin de que la población y los trabajadores, se expongan al sol de una manera inteligente, con seguridad y control

## INTRODUCCIÓN

La radiación solar es un factor natural de gran importancia debido a que ésta modula el clima terrestre, teniendo una influencia significativa en el medio. La región ultravioleta (UV) del espectro solar juega un papel determinante en diversos procesos en la biosfera. La radiación UV tiene varios efectos beneficiosos, pero también puede ser muy dañina si se exceden unos límites de "seguridad".

Si la cantidad de radiación UV es suficientemente alta la habilidad de autoprotección de algunas especies vegetales se ve superada, y el sujeto puede resultar dañado. Este hecho también afecta a los seres humanos, en particular a la piel y a los ojos.

Para evitar daños derivados de exposiciones prolongadas a la radiación UV se debería evitar la exposición a la radiación solar utilizando medidas de protección.

La variabilidad diurna y anual de la radiación solar UV está gobernada por parámetros astronómicos, geográficos y por las condiciones atmosféricas. Las actividades humanas afectan a la atmósfera, como por ejemplo la contaminación del aire y la destrucción de la capa de ozono, afectando también indirectamente a la radiación UV que llega a la superficie terrestre. La radiación solar UV es un parámetro medioambiental altamente variable en el tiempo y en el espacio.

La necesidad de llegar al público con información fácilmente comprensible sobre la radiación UV y sus posibles efectos negativos ha llevado a los científicos a definir un parámetro que pueda ser usado como indicativo de las exposiciones UV. Este parámetro es el denominado Índice Ultravioleta o Índice UV (UVI). Está relacionado con los efectos eritematogénicos de la radiación solar UV sobre la piel humana y ha sido definido y estandarizado bajo el amparo de varias instituciones internacionales como son: la Organización Mundial de la Salud (WHO), la Organización Meteorológica Mundial (WMO), el Programa Medioambiental de las Naciones Unidas (UNEP) y la Comisión Internacional de Radiación No-ionizante (ICNIRP).

El UVI está siendo incorporado paulatinamente en las predicciones operativas de numerosos servicios meteorológicos.

En Europa existen más de una docena de centros de predicción que calculan valores estimados del UVI para el día siguiente. En Estados Unidos, desde su concepción en 1994, el Índice UV se ha ido difundiendo hasta estar disponible a través de un boletín que enumera 58 ciudades de todo el país. Recientemente (1 de mayo de 2000), el Servicio Nacional de Meteorología de EE.UU., ha ampliado sus productos del Índice UV incluyendo una tabla con una base de datos mediante

la que se puede determinar el pronóstico para cualquier lugar contiguo a EE.UU. y Alaska.

En Chile el Instituto Nacional de Meteorología (INM), realiza predicciones del UVI para todo el territorio nacional desde junio de 2001 y que son difundidas a través de su página web y en diferentes medios de comunicación. También la CONAC en conjunto con la USACH realizan mediciones del Índice UVI en algunas localidades del país al igual que la UTFSM.

En Europa, para coordinar estas actividades y para mejorar el soporte científico se estableció un proyecto de investigación internacional bajo el programa "Cooperation in Science and Technology" (COST), de la Comisión Europea. El proyecto, titulado acción COST-713 (Predicción UV-B), se inició en 1996. Los países participantes fueron los siguientes: Alemania, Austria, Bélgica, Dinamarca, España, Finlandia, Francia, Grecia, Italia, Polonia, Portugal, República Checa y Suiza. El principal objetivo de la Acción COST-713 fue el de desarrollar métodos eficaces de difusión del UVI, de tal modo que fuera lo más homogénea posible entre los países europeos y de fácil interpretación por parte del público.

El desarrollo del presente trabajo, esta basado en el publicado en inglés por la Acción COST-713, y está dirigida a profesionales de diferentes ámbitos, en particular con aquellos que tienen que ver con Prevención de Riesgos. Sería deseable que los usuarios de este manual no utilicen esta información solamente en sus actividades profesionales, si no también para que la difundan al público en general. El Apéndice B incluye un listado de la bibliografía utilizada en el desarrollo del presente manual

## RADIACIÓN SOLAR UV. UNA BREVE DESCRIPCIÓN

La radiación solar incluye radiación ultravioleta (UV), visible (luz) y radiación infrarroja (IR). La radiación se caracteriza por su longitud de onda, normalmente expresada en nanómetros ( $10^{-9}$  m.).

A comienzo del siglo XIX, Johannes Ritter descubrió que el Sol, además de luz visible, emite una radiación "invisible" de longitud de onda más corta que el azul y el violeta. Esa banda recibió el nombre de "ultravioleta". Cuando se describen los efectos biológicos, la radiación UV se divide normalmente en tres bandas espectrales

<b>UV-A</b>	Que es la continuación de la radiación visible y es responsable del bronceado de la piel. Su longitud de onda varía entre 400 y 320 nm (1 nanómetro, nm= $10^{-9}$ m).
<b>UV-B</b>	Llega a la Tierra muy atenuada por la capa de ozono. Es llamada también UV biológica, varía entre 280 y 320 nm y es muy peligrosa para la vida en general y, en particular, para la salud humana, en caso de exposiciones prolongadas de la piel y los ojos (cáncer de piel, melanoma, catarata, debilitamiento del sistema inmunológico). Representa sólo el 5% de la UV y el 0.25% de toda la radiación solar que llega a la superficie de la Tierra.
<b>UV-C</b>	Es en teoría la más peligrosa para el hombre, pero afortunadamente es absorbida totalmente por la atmósfera.

La radiación solar UV puede ser medida como una irradiancia (potencia incidente sobre una superficie de una unidad de área) en unidades de  $[W/m^2]$ , o como una exposición radiante o dosis (energía incidente sobre una superficie de área unidad), en  $[J/m^2]$ .

## FACTORES QUE AFECTAN A LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA

Los factores más importantes que afectan a la radiación ultravioleta que llega a la superficie terrestre son:

### Ozono atmosférico

La radiación solar UV es absorbida y dispersada en la atmósfera.

La radiación UV-C es absorbida totalmente en la parte alta de la atmósfera por el oxígeno y por moléculas de ozono. La mayor parte de la radiación UV-B es

absorbida en la estratosfera por el ozono. Por lo tanto, a la superficie terrestre llega radiación UV compuesta en su mayoría por radiación UV-A, y sólo una pequeña parte de UV-B (la radiación UV-B es biológicamente dañina).

Al ser el ozono el principal absorbente de la radiación UV-B la intensidad de la misma en la superficie terrestre depende fuertemente de la cantidad de ozono presente en la atmósfera. Un factor que describe la relación entre la sensibilidad de la intensidad de la radiación UV-B a los cambios en el ozono total es el denominado Factor de Amplificación de la Radiación (RAF). Para pequeños cambios en el grosor de la capa de ozono el factor RAF representa el porcentaje de cambio en la intensidad UV-B para un cambio de un 1% en la columna total de ozono. Por ejemplo, para la radiación UV eritematógenamente efectiva, y variando la elevación solar y el ozono, el factor RAF varía en el rango 1.1 a 1.3.

### **Elevación solar**

La elevación solar es el ángulo entre el horizonte y la dirección del sol. En ocasiones se emplea el ángulo solar cenital en lugar de la elevación solar: este es el ángulo entre el cenit y la dirección del sol. Para elevaciones solares altas la radiación UV es más intensa debido a que los rayos solares atraviesan un camino menor a través de la atmósfera, pasando por lo tanto por una menor cantidad de absorbentes. La radiación solar, al depender fuertemente de la elevación solar, varía con la latitud, estación y hora, siendo mayor en los trópicos, en verano, y al mediodía, como sucede en la región de Chile ubicada al norte de la ciudad de Antofagasta

### **Altitud**

La radiación UV aumenta con la altitud debido a que la cantidad de absorbentes en la atmósfera decrece con la altura. Las medidas demuestran que la radiación UV aumenta entre un 6% y un 8% por cada 1000 m. de elevación. Este factor puede ser importante en algunas faenas mineras, a gran altura, en nuestra zona.

### **Dispersión atmosférica**

En la superficie terrestre la radiación solar se divide en una componente directa y una componente difusa (dispersa). La componente directa de la radiación la forman los rayos solares que pasan directamente por la atmósfera sin ser dispersados ni absorbidos por moléculas de aire y partículas como aerosoles o gotas de agua. La componente difusa de la radiación consiste en rayos solares que han sido dispersados al menos una vez antes de llegar a la superficie. La dispersión depende fuertemente de la longitud de onda. El cielo se ve azul debido a que la radiación azul del espectro visible se ve afectada en mayor medida por la dispersión que las demás longitudes de onda. La radiación UV-B está compuesta por una mezcla al 50% de radiación directa y 50 % de difusa.

### **Nubes y polvo**

La radiación UV es mayor generalmente para cielos totalmente despejados, como normalmente sucede en el norte del país. Las nubes normalmente reducen la

cantidad de radiación UV, pero la atenuación depende del grosor y tipo de éstas. Las nubes finas o dispersas afectan muy poco a la radiación UV. En ciertas condiciones, y por periodos cortos de tiempo, una pequeña cantidad de nubes puede incluso hacer aumentar la cantidad de radiación UV, esto sucede normalmente en condiciones de cielos parcialmente cubiertos y con el sol visible. En condiciones de polvo en suspensión, situación frecuente en zona con operaciones mineras, la radiación es dispersada y da lugar a una disminución de la misma.

### **Reflexión**

Parte de la radiación que llega a la superficie terrestre es absorbida y parte es reflejada. El porcentaje de radiación reflejada depende de las propiedades de la superficie. Elementos como la hierba, el agua y otros, reflejan menos de un 10%, sin embargo otros elementos como la nieve fresca puede llegar a reflejar el 80% de la radiación incidente. Durante la primavera y en condiciones de cielo despejado la reflexión por nieve puede elevar los valores de radiación hasta niveles de verano. Esta situación podría darse en la zona norte de Chile, en algunas faenas ubicadas en la cordillera en ciertas épocas del año.

Aproximadamente un 95% de la radiación UV penetra en el agua y hasta un 50% llega hasta una profundidad de 3 m.

Tal y como se resume en el esquema de la Figura 1, en una ciudad relativamente pequeña, a la misma hora pueden registrarse variaciones muy importantes del UVI, moduladas básicamente por la topografía. En regiones montañosas el UVI se incrementa rápidamente con la altura porque al ascender disminuye el ozono total en columna y los aerosoles presentes en el aire, observándose en las partes más altas cielos más limpios, y por lo tanto transparentes a la radiación UV. En determinadas vertientes de las cadenas montañosas es mucho más frecuente la presencia de nubes que en otras (generalmente en las vertientes orientadas al norte y al oeste), resultando que los valles cubiertos por nubes registran valores inferiores de UVI que los valles situados al otro lado de las montañas. Sobre las ciudades o regiones industriales hay generalmente más contaminación y por lo tanto mayor concentración de partículas en suspensión, que pueden atenuar significativamente el UVI en comparación con áreas cercanas más limpias.



*Figura 1: Factores que afectan a la radiación ultravioleta*

## DEFINICIÓN DEL ÍNDICE UV Y SU SIGNIFICADO FÍSICO

### Radiación UV y espectro de acción

Un espectro de acción describe la efectividad relativa de la radiación UV en producir una respuesta biológica para una determinada longitud de onda. Un espectro de acción, para un determinado efecto biológico, se utiliza con un peso que depende de la longitud de onda para la irradiancia espectral UV, la integración sobre todas las longitudes de onda permite determinar la irradiancia biológica efectiva real. La dosis UV efectiva para un período particular de exposición se calcula sumando la irradiancia efectiva en dicho período de exposición. Los espectros de acción más importantes de uso cotidiano son: el eritematígeno (enrojecimiento de la piel), la absorción por parte del ADN y el cáncer de piel (no melanoma).

### Dosis Eritematígena Mínima (MED)

Al constituir las quemaduras un efecto negativo frecuente en la piel humana, el espectro de acción CIE eritematígeno es el más recomendado de emplear a la hora de cuantificar el efecto dañino de la radiación UV sobre la piel. La "dosis eritematígena mínima" MED se usa para describir el potencial eritematígeno de la radiación UV, y 1 MED se define como la dosis efectiva de radiación UV que produce un enrojecimiento observable de la piel humana sin exposición previa. Sin embargo, debido a que los diferentes individuos no presentan la misma sensibilidad

a la radiación UV debido a la protección propia de la piel (pigmentación), 1 MED varía en la población europea entre 200 y 500 J/m<sup>2</sup>. Si no existen estudios disponibles sobre la sensibilidad de la población en una región dada se pueden consultar los valores de MED para diferentes tipos de piel de acuerdo con la normativa DIN-5050, en la Tabla 2.

### **El Índice UV. Un parámetro UV para la población**

Inicialmente el UVI se formuló independientemente en varios países, pero finalmente se ha estandarizado su definición y se ha publicado como una recomendación conjunta de la Organización Mundial de la Salud (WHO), la Organización Meteorológica Mundial (WMO), el Programa Medioambiental de las Naciones Unidas (UNEP) y la Comisión Internacional de Radiación No-ionizante (ICNIRP). El UVI está recomendado como un medio para concienciar a la población sobre los efectos negativos que tiene la radiación solar UV en la salud, y para alertar a la población sobre la necesidad de adoptar medidas de protección. Existen variables medioambientales como las nubes o los aerosoles en suspensión, que son factores modificadores.

Por otra parte, el UVI se define para una superficie horizontal, sin embargo las condiciones para una superficie inclinada son más importantes para la exposición humana al UV.

EL ÍNDICE UV  
EF ÍNDICE UV

- Se trata de una unidad de medida de los niveles de radiación UV relativos a sus efectos sobre la piel humana (UV que induce eritema).
- Se define como la irradiancia efectiva obtenida al integrar la irradiancia espectral pesada por el espectro de acción de referencia CIE (1987) hasta 400 nm. y normalizado a 1 en 297 nm.
- Expresado numéricamente, es equivalente a multiplicar la irradiancia efectiva media (W/m<sup>2</sup>) por 40.

*Ejemplo: una irradiancia efectiva de 0.2 W/m<sup>2</sup> corresponde a un UVI de 8.*

- Si se da o se predice un valor máximo diario, se deben usar medias de 30 minutos de la irradiancia efectiva para calcular el UVI.
- Si se presentan medidas directas del UVI se recomienda usar medias de 5-10 minutos.

## **PREDICCIÓN DEL ÍNDICE UV**

### **Predicción del Índice UV**

Actualmente se llevan a cabo predicciones del UVI en numerosos países (ver Apéndices C y D). Los métodos de predicción varían desde simples modelos estadísticos, empleados en pequeñas áreas, hasta otros más complicados que cubren grandes regiones con predicciones para varios días.

Por ejemplo, la predicción del UVI que desarrolla el Instituto Nacional de Meteorología de España se realiza fundamentalmente en dos etapas. En la primera se lleva a cabo la predicción de ozono y en la segunda se calcula el UVI con un modelo de transferencia radiativa en el que el ozono previsto es utilizado como dato de entrada en el mismo. La predicción de ozono se realiza con un modelo de regresión que emplea como dato de entrada el ozono medido por el instrumento TOMS ("Total Ozone Mapping Spectrometer"), que vuela a bordo de un satélite de la NASA

En Estados Unidos el Índice UV se calcula midiendo las cantidades de ozono con los satélites NOAA en órbita polar. Se combinan con los datos de temperatura y presión a distintas alturas de la atmósfera para predecir el escudo de ozono. Con los datos sobre el escudo de ozono y el ángulo cenital solar de ese día se aplica un modelo matemático para calcular las irradiancias en las longitudes de onda UV-A y UV-B. Estas irradiancias se ponderan según el espectro de acción eritematígeno (máximo entre 300 y 310 nm, con poca influencia más allá de 320 nm) y se integran los valores entre 290 y 400 nm para producir un índice de dosis eritematígena, aplicable en esa localización a nivel del mar y con cielo despejado. Para cada localización se ajusta la dosis según su elevación sobre el nivel del mar (6%/km). El modelo MOS (Model Output Statistic) de probabilidad de nubosidad se utiliza para estimar la transmisión de la radiación, obteniendo datos como los siguientes:

100% despejado = 99.9% de transmisión

100% nubes escasas = 89.6%

100% nubes con claros = 72.6%

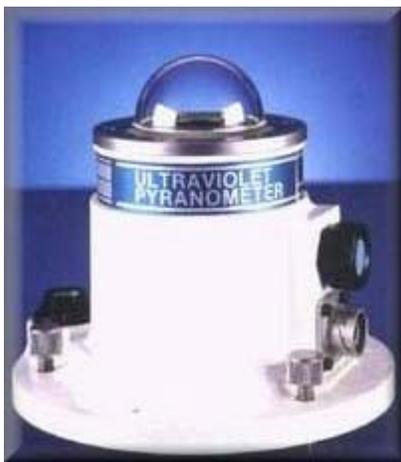
100% cubierto = 31.6%

El índice de dosis se calcula para cada ciudad según la altura. Finalmente se aplica este índice de transmisión para obtener la dosis eritematígena según la altura y nubosidad. Esta varía entre 0 (en la oscuridad, sobre el círculo polar) hasta más de 300 miliwatios por metro cuadrado por segundo ( $mW/m^2/sec$ ) en el ecuador. Se aplica la medida de conversión de la Organización meteorológica mundial:  $25 mW/m^2/sec = 1$  unidad de índice UV. Así se obtiene un índice UV para cada una de las 58 ciudades de Estados Unidos, ajustado según su altura y nubosidad.

## Predicción y medición del Índice UV en Chile

La Dirección Meteorológica de Chile, entrega un pronóstico diario del índice UV para las próximas 24 horas, para lo cual se determina la cantidad de radiación ultravioleta que recibirá la superficie de la tierra durante la hora de máxima radiación, esto es alrededor del mediodía solar que no coincide exactamente con el mediodía convencional. Es un número en una escala de 0-15. El calculo del pronóstico de dicho índice de radiación UV se basa en la relación entre el ángulo en que está ubicado el Sol en las diferentes épocas del año, las mediciones de Ozono total y la radiación UV. En primer lugar, se calculan los valores de ozono proyectados para el día siguiente. Para ello, se utilizan las mediciones de la columna de ozono total obtenido por el sensor TOMS de la NASA. En segundo lugar, se realizan los cálculos de la máxima irradiancia efectiva que llega a la superficie de la Tierra que puede ser expresada en índice UV. La Organización Meteorológica Mundial define 1 unidad de Índice UV como 25 miliWatt/m<sup>2</sup>. Por último, se integran los valores anteriores lo cual entrega lo que se define como el índice UV pronosticado.

El pronostico se realiza para las ciudades de Iquique, Valparaíso, Santiago, Valdivia, Puerto Montt, Coyhaique, Punta Arenas y la Antártica. La figura 2, muestra el Piranómetro *UVB* utilizado por la Dirección Meteorológica de Chile con tal propósito



Instrumento que se utiliza para medir la radiación ultravioleta recibida desde todo el hemisferio celeste sobre una superficie horizontal terrestre en un rango espectral de 280 a 320 nm.

Su utilización es importante ya que con estos momentos los datos entregados por este instrumento son utilizados en el estudio del deterioro de la Capa de Ozono.

La potencia en mw/m<sup>2</sup>, es calculada en forma similar a la utilizada por el piranómetro PSP.

*Figura 2: Piranómetro UVB utilizado por la Dirección Meteorológica de Chile*

Las figuras 18 a 27 muestran los índices para diferentes ciudades de Chile determinados por la DMC y en la pagina Web **meteo**chile.cl se puede obtener mayor información.

También el Laboratorio de Física de la Universidad de Santiago de Chile, diseña y fabrica un equipo medidor de Radiación ultravioleta proveniente del sol, con detectores calibrados y detectores desarrollados en dicho Laboratorio. El equipo, es de bajo costo y fácil de utilizar y comprender para la mayoría de la población y puede ser comercializado directamente a individuos, o a empresas que realicen actividades relacionados con las playas (hoteles, autoridades marítimas, resorts, etc.), o empresas industriales o mineras cuyos trabajadores trabajen a pleno sol. De acuerdo a estos lineamientos, se desarrolló un equipo sensible a la radiación ultravioleta, basado en detectores de silicio que miden la intensidad de radiación ultravioleta para los dos rangos de interés: UV-A y UV-B. El nivel de radiación está indicado en una pantalla. El prototipo tiene además salida para computador a través de una puerta serial y un teclado para ingreso de comandos. El equipo indica además el factor de protección solar para evitar el enrojecimiento de los distintos tipos de pieles. El equipo es pequeño y puede ser usado por instituciones, empresas, o red de monitoreo de radiación ultravioleta

La figura 3, muestra un prototipo del instrumento construido en dicha Universidad.



*Figura 3: Equipo detector de radiación ultravioleta desarrollado en La Universidad de Santiago*

Una descripción más detallada del detector ultravioleta desarrollado en La Universidad de Santiago, se puede encontrar en la siguiente publicación: “Desarrollo de un sensor ultravioleta de bajo costo con capacidad de post-procesamiento de datos”. -Presentado en la II Jornada Chile de Física y Química Ambiental, 28 al 30 de Septiembre 2000, Olmué, Chile.

Desde el verano de 1999, la USACH en conjunto con la CONAC realiza mediciones diarias de Radiación ultravioleta proveniente del sol en Antofagasta, Santiago y Punta Arenas, la cual es entregada a los medios de comunicación. Esta información es útil para que la gente tome precauciones y pueda protegerse de la peligrosa luz ultravioleta en los momentos en que el índice es máximo. También se entrega Información sobre los efectos en la salud, y en la piel en particular y se puede encontrar en la página web (conac.cl) de la corporación Nacional del Cáncer. También en la página web indiceuv.cl, es posible encontrar el índice UV para diferentes ciudades de Chile

La figura 4, muestra el prototipo del instrumento instalado en Antofagasta desde noviembre del 2001



*Figura 4: prototipo del instrumento instalado en Antofagasta*

El Índice de radiación ultravioleta surgió al constatarse que la dosis efectiva expresada en Joules al acumularse durante una hora en un metro cuadrado de piel humana, varía entre 0 y 1500. De este resultado experimental, se acordó internacionalmente asignarle el número 1 a 100 [ $\text{J}/\text{m}^2$  hora], 2 a 200 [ $\text{J}/\text{m}^2$  hora]; y así sucesivamente hasta llegar al índice 15 que corresponde al tope de la escala.

La radiación ultravioleta se mide en  $\text{m W}/\text{cm}^2$  en la banda de interés (UV-A o UV-B). La dosis sobre la piel se mide en  $\text{J}/\text{cm}^2$  y corresponde a la potencia multiplicada por el tiempo de exposición.

## **Resultados acerca de mediciones realizadas en Chile durante 2001 y 2002**

La existencia de vida en la tierra depende de un modo fundamental de la radiación solar, en particular de la cantidad de radiación ultravioleta (UV) que incide sobre los organismos vivientes. En las últimas décadas, debido al aumento del uso de fertilizantes nitrogenados y el empleo masivo de fluorocarbonos el espesor de la capa de ozono –que es nuestro protector natural de la radiación UV- ha ido disminuyendo continuamente (véase Apéndice B). La falta de ozono tiene como consecuencia un aumento de la radiación ultravioleta en la superficie, teniendo efectos nocivos en la salud humana, en particular la piel y los ojos. Afortunadamente, existe un creciente interés por parte del público de protegerse de la radiación nociva. Ya sea proteger equipos expuestos a la radiación solar, o proteger la piel y ojos de personas expuestas. Sin embargo, para ello es necesario el conocimiento del nivel de radiación.

Expertos de la Universidad de Santiago y la Corporación Nacional del Cáncer (Conac), indican que, en Chile, durante el verano del 2002 hubo un radical aumento de la radiación UV-B, respecto del verano anterior,.

Según la Sociedad Chilena de Dermatología, en el país 237 personas mueren anualmente por cáncer a la piel. La Conac, por su parte, explica que 10 de cada 100 mil chilenos padece esta patología, la que va en sostenido aumento.

Resulta curioso que, sin embargo, estos episodios de alerta roja estén pasando inadvertidos para la gente común y corriente, especialmente para quienes están obligados a trabajar al aire libre durante las horas de mayor riesgo ( en empresas mineras, temporeras, deportistas, carabineros de tránsito, jardineros y carteros entre otros).

Las personas de piel blanca están mucho más expuestas al peligro del sol y a desarrollar cáncer. El ser más sensible a la radiación se puede determinar a simple vista, ya que basta con fijarse cuál es la tendencia al broncearse, lo que quiere decir que si la piel se pone muy roja es más vulnerable. Existen seis tipos de piel. La I y la II son las más sensibles ya que el sol derechamente las quema. Según estudios de la Universidad de Chile, el 36% de los chilenos está en la categoría III y IV, que se caracteriza por broncearse gradualmente sin embargo, los bebés menores de seis meses siempre corren peligro. Finalmente, las pieles V y VI corresponden a las de color café donde el sol sólo acentúa el tono.

Los resultados acerca de mediciones realizadas por la Usach y Conac, durante el verano del 2002 arrojó que durante el mes de enero, febrero y marzo Antofagasta tuvo un 68,4 % de días en alerta roja, calificada de peligrosa, en cambio Santiago tuvo un 14.3 % de días en alerta roja y Punta Arenas no registró ningún día en alerta roja a pesar de encontrarse mas cerca del agujero de ozono. El ozono atmosférico por causas de tipo climatológico a veces permite mayor o menor entrada de rayos UV. La ausencia de nubes y la perpendicularidad de los

rayos solares, por ejemplo, ayuda a que la irradiación UV sea más peligrosa, lo cual sucede en el norte de Chile

Por ese motivo, para revertir esta situación es necesario educar a la gente, para que en el futuro la moda de la piel tostada quede obsoleta y la gente no desarrolle cáncer a la piel.

## **CÁNCER DE PIEL**

Es más común de lo que se cree, fácilmente diagnosticable con solo la visita anual al dermatólogo. Afortunadamente, en Chile desde hace 3 años se realizan campañas entre los meses de noviembre y febrero, por diversas instituciones públicas y privadas, lo cual aparece en la prensa nacional. La estadística en nuestra ciudad ha ido en aumento a través de los años. El cáncer de piel es curable en etapas tempranas. El tipo más frecuente es el carcinoma basocelular, donde la EXPOSICION SOLAR intensa y por largos periodos de tiempo es el detonador de esta enfermedad.

### **Signos de alerta que indican la existencia de un cáncer de piel**

El autoexamen de la piel puede ser practicado en forma regular por todas las personas para evidenciar algún cambio en la piel. Los lunares que cambian de color (dos tonalidades), aumentan de tamaño o se elevan bruscamente, deber ser signos de alarma. Prurito o picazón, sangramiento o presencia constante de costras porque la lesión no cicatriza bien, son signos de la presencia de cáncer en la piel. El autoexamen debe hacerse al menos 1 vez al mes, con ayuda de un espejo, y enfatizando en las zonas siguientes: Pabellones auriculares, labios, nariz, cara, cuello (región posterior), brazos, tórax anterior, piernas y pies, ya que son los sitios más frecuentes de cáncer de piel.

El cáncer de piel es el más común de todos los tipos de cáncer. Se estima que cada año en los Estados Unidos se diagnostican 800.000 casos nuevos, siendo el factor predisponente la luz ultravioleta.

### **Tipos de cáncer de piel**

Hay tres tipos de cáncer de piel: El carcinoma basocelular, el carcinoma de células escamosas o espinocelular, y el melanoma.

**1.- Carcinoma Basocelular:** Es de los tres, el tumor más común de los cáncer de piel encontrados en caucásicos, siendo además el menos peligroso si se detecta en estadios tempranos. Comienza por una pequeña pápula o hundimiento de piel que sangra, provoca picazón y hace una costra que nunca cura, proceso que dura alrededor de 2 a 3 semanas. Luego, comienzan a elevarse los bordes de la úlcera tornándose rojos, rosados, y lo más frecuente, blanco perlados traslúcidos, con

vasos sanguíneos mínimos visibles. Este tipo de cáncer de piel no se disemina a otras partes del cuerpo, pero si no se trata, puede extenderse por debajo de la piel y llegar a hueso provocando daños serios e irreversibles.

**2.- Carcinoma Espinocelular:** Es el segundo tipo de cáncer de la piel más frecuente encontrado en caucásicos. Se presenta como una placa roja descamativa y/o ulcerada. Este tipo de cáncer alcanza grandes tamaños, y de no tratarse se disemina o da metástasis eventualmente.

**3.- Melanoma Maligno:** Es el menos común de los tres pero el más agresivo, tanto



es así, que es causa de muerte de aproximadamente 5.000 personas cada año en los Estados Unidos. Puede aparecer de repente en cualquier parte de la piel, es decir, en zonas expuestas o no al sol. Los lunares son el origen de éstos, y pueden afectar a personas de piel clara o piel oscura, reconociéndose el rol hereditario como de suma importancia. Para el autoexamen de los pacientes se tiene la regla de ABCD que indica la figura 5: Asimetría de la lesión, Bordes irregulares, color variado (marrón, negro, a veces sin color), y diámetro grande mayor de 6 mm.

**Figura 5: Observación de lesión**

### **Detección precoz del cáncer de piel**

Todas las personas deben acudir al menos 1 vez al año al Dermatólogo, quien examinará detenidamente toda la piel del paciente.. Los lunares sospechosos clínicamente deben examinarse con el DERMATOSCOPIO, aparato que permite visualizar con un aumento de diez veces más que el ojo humano, la existencia de características de malignidad en la lesión de una forma no invasiva, rápida (en minutos), sin provocar dolor, y en manos expertas, aumenta la posibilidad de detectar un cáncer de piel entre 80% y 88%. En caso de lesión sospechosa de malignidad, el dermatólogo debe estar en la obligación de practicar una biopsia para estudio anatomopatológico, y de acuerdo a ella, programar luego el método más adecuado para su eliminación. El dermatólogo está obligado a explicar al paciente el procedimiento quirúrgico a seguir, las restricciones postoperatorias y responder cualquier pregunta del paciente.

### **Prevención el cáncer de piel?**

La población más afectada es aquella con piel tipo I (piel blanca, ojos y cabellos claros, se broncean poco a la exposición solar), aquellos pacientes con exposición solar intensa por su tipo de trabajo (agricultores, pescadores, mineros,

etc.), o entrenamiento (velerismo, etc.), y su ubicación geográfica (en el trópico, a gran altitud, etc).

Para evitar la penetración de los rayos ultravioleta del sol, se deben seguir los pasos siguientes:

- Usar sombreros anchos.
- Usar ropa de colores oscuros preferentemente.
- Usar protectores solares con pantalla física y química, cosméticamente aceptables (no comedogénicos, no irritantes, que no se vean al colocarlos), el cual debe colocarse 20 minutos antes de la exposición solar o al baño y reaplicarse cada 2 a 6 horas aunque diga que es contra el agua.
- Uso de lentes oscuros con protector UV.
- Evitar el sol entre las 10:00 a.m. y 4:00 p.m., especialmente en verano.
- Jugar en la sombra

### **Tratamiento del cáncer de piel**

El tratamiento varía de acuerdo a la localización, extensión, tipo de cáncer, estado de salud, edad, y sexo del paciente. Debe hacerse biopsia previa y luego decidir el método más adecuado. Existen diversas modalidades terapéuticas, entre ellas: Curetaje con o sin electrodesecación, Escisión quirúrgica, Criocirugía, Cirugía Micrográfica de Mohs, Quimioterapia tópica y Radioterapia.

### **Cáncer de piel en Chile**

Según la Corporación Nacional del Cáncer (Conac), la tasa de melanoma maligno (cáncer de piel más grave) se incrementó en los habitantes de Santiago en un 158 por ciento desde 1992 a 1998. En la II Región, la mortalidad por cáncer a la piel es de 3, 7 por cada 100 mil habitantes, superando largamente la tasa de la Región Metropolitana, que alcanza a 1,04 personas por cada 100 mil habitantes.

Estudios de la Conac señalan que debido al adelgazamiento de la capa de ozono, en Chile un joven a los 18 años ha tomado todo el sol que debió distribuirse en 50 años y ha absorbido el 80 por ciento de la radiación solar que podría haber recibido en toda su vida, por lo que 10 de cada 100 mil chilenos sufre cáncer a la piel.

Estudios mundiales y del país precisan que de cada 100 casos de tumores malignos, 4 a 5 corresponden a tumores de piel, indicador que en el ámbito mundial es constante. En cambio, en la Segunda Región, de cada cien casos de cáncer diagnosticados en dicha Región, 37 se localizan en la piel y cuatro de ellos llevan a la muerte del paciente. El índice de mortalidad por melanomas supera las estadísticas nacionales, con 3,7 enfermos por cada cien mil habitantes. El riesgo de morir por cáncer de piel de un habitante de esta región es 2,4 veces mayor que el riesgo que tienen las personas que viven en otras latitudes del país.

Sabido es que el riesgo de contraer cáncer de piel aumenta en la época estival, dado que en esta época del año, por la perpendicularidad con que los rayos solares caen en la región que queda al norte de Antofagasta y la transparencia de su atmósfera, obliga a las personas sensibles a protegerse del sol utilizando bloqueadores, sombrillas, gafas y otros protectores.

Hay evidencias de que ciertos cánceres de piel se relacionan más con la cantidad de radiación solar recibida durante la infancia que con la recibida durante la vida adulta. Durante los periodos de radiación elevada los menores deben usar lentes de sol y sombrero y cubrir las zonas del cuerpo que están más expuestas al sol con ropa o cremas fotoprotectoras, recordando que estas cremas no evitan todos los efectos nocivos de la radiación UV, por lo que no son aconsejables las prolongadas exposiciones al sol, aunque no se quemen. Las recomendaciones particulares dependen del índice UV del día, pero también del tipo de piel de cada persona. Mientras más radiación UV acumule una persona, más posibilidades tendrá de desarrollar un cáncer de piel. Quienes sufren quemaduras al tomar sol, serán más proclives a desarrollar tumores del alta malignidad y mortalidad (melanomas).

El cáncer de piel se expresa a través de lesiones pigmentarias; lunares antiguos que se han transformado o lunares de aparición reciente, de rápido crecimiento, formas irregulares, con sangramiento y ulceraciones, que regularmente no ocasionan dolor. En Chile la situación es grave. Se calcula que 10 de cada 100 mil chilenos padece de cáncer de piel. Para los niños el cuadro es más crítico, por cuanto se estima que el riesgo a lo largo de su vida se incrementa de 10% a 16%, básicamente porque los efectos provocados por el sol son acumulativos y pueden tardar hasta 20 años en manifestarse. Los jóvenes, en tanto, muchos de ellos asiduos a los "bronceados fascinantes", son también susceptibles, con un aumento anual del cáncer de piel en ese rango etario del 12 al 20%

Datos de la Sociedad Chilena de Dermatología indican que en el país se producen cada año 237 muertes por cáncer de piel.

## **USO PRÁCTICO DEL ÍNDICE UV**

### **El Índice UV. Modificación por nubes y altura**

Como se ha mencionado antes, la irradiancia UV en un lugar determinado se ve afectada por la nubosidad y depende de la altitud sobre el nivel del mar. En la siguiente ecuación

$$\text{UVI} = \text{UVI}_0 \times \text{CMF} \times (1 + 0.08 \times \text{dH})$$

UVI<sub>0</sub> representa el UVI para cielo despejado, y a partir de la misma se puede calcular el UVI para cielo cubierto y cualquier altitud de forma simplificada:

CMF es el denominado factor de modificación por nubes (un número entre 0 y 1, -ver Tabla 1-) y dH es la diferencia de altitud, en km, desde la altitud de referencia para UVI<sub>0</sub>. La Tabla 1 muestra el factor CMF para diferentes tipos de nubes.

Así por ejemplo una faena minera ubicada a 3000 m de altura, incrementará su índice UV en un 24% respecto del índice de la región a nivel del mar cuando el CMF vale 1.

**Tabla 1: Factor de modificación por nubes (CMF) para diferentes tipos y espesores de nubes**

<b>NUBOSIDAD</b>	<b>despejado</b>	<b>poco nuboso</b>	<b>nuboso</b>	<b>cubierto</b>
<b>OCTAVOS</b>	<b>0 a 2</b>	<b>3 a 4</b>	<b>5 a 6</b>	<b>7 a 8</b>
<b>altas</b>	1,0	1,0	1,0	0,9
<b>medias</b>	1,0	1,0	0,8	0,5
<b>bajas</b>	1,0	0,8	0,5	0,2
<b>niebla</b>	-	-	-	0,4
<b>lluvia</b>	-	-	-	0,2

### **Tipos de piel**

Los efectos dañinos de la radiación UV no sólo dependen de la dosis de radiación recibida sino también de la sensibilidad del individuo. La piel humana normalmente se clasifica en cuatro grupos principales dependiendo de la capacidad de ésta para broncearse. La clasificación se muestra en la siguiente tabla, donde también se muestra la dosis aproximada para que se produzca enrojecimiento de la piel (1 MED).

La dosis de eritema media (DEM) es la cantidad de radiación que se necesita para que a una persona se le enrojezca la piel. Esto depende del tipo de piel, de la intensidad de la radiación y del tiempo de exposición.

**Tabla 2: Tipos básicos de piel de la población americana**

TIPO DE PIEL	I	II	III	IV
SE BRONCEA	Nunca	A veces	Siempre	Siempre
SE QUEMA	Siempre	A veces	Rara vez	Nunca
COLOR DE PELO	Pelirrojo	Rubio	Castaño	Negro
COLOR DE OJOS	Azul	Azul verde	Gris marrón	Marrón
1 MED	200 J/m <sup>2</sup>	250 J/m <sup>2</sup>	350 J/m <sup>2</sup>	450 J/m <sup>2</sup>

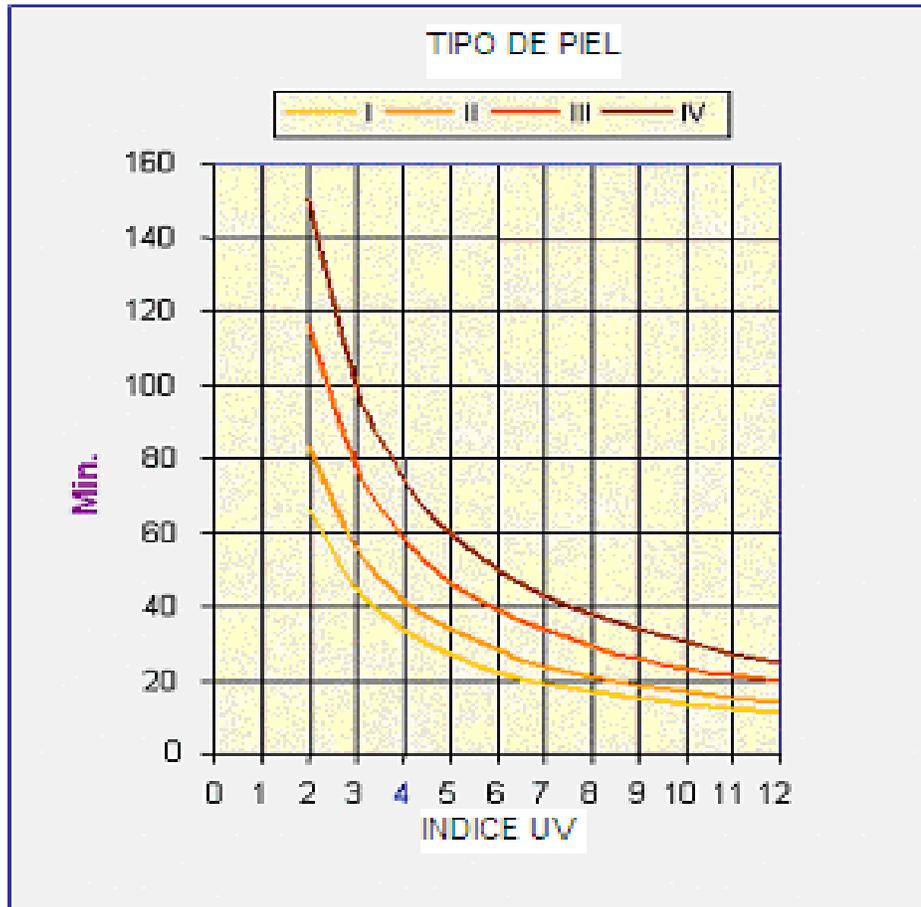
## Tiempo máximo de exposición al sol

El tiempo máximo de exposición al sol es aquél al que se puede estar expuesto al mismo sin protección y sin quemarnos. Este tiempo puede calcularse para cada tipo de piel a partir del UVI y el valor de 1 MED para cada tipo de piel. Como ejemplo, la Figura 6 muestra los tiempos máximos de exposición en minutos para diferentes UVIs y MEDs, definidos por DIN-5050 (Tabla 2). Es importante resaltar que el valor de 1 MED no es un número exacto para un tipo determinado de piel. Estudios dermatológicos han demostrado que dentro de un tipo de piel, el valor de 1 MED puede variar según la disposición de los individuos. Para describir este hecho más a fondo se precisan llevar a cabo sofisticados estudios regionales de la sensibilidad de la población. Los factores de conversión para los distintos valores usados y tiempos máximos de exposición recomendados se dan en la tabla 3.

**Tabla 3: Tiempo máximo de exposición al sol, según el Índice UV**

Índice	Potencia [ $\mu$ W/cm <sup>2</sup> ]	Tiempo Máximo de Exposición [Minutos]		Riesgo
1	2,78	150 - 240	270 - 360	Bajo
2	5,57	75 - 120	135 - 180	Bajo
3	8,35	50 - 80	90 - 120	Bajo
4	11,1	37 - 60	67 - 90	Bajo
5	13,92	30 - 48	54 - 72	Medio
6	16,7	25 - 40	45 - 60	Medio
7	19,5	21 - 34	38 - 51	Alto
8	22,2	19 - 30	34 - 45	Alto
9	25	17 - 27	30 - 40	Alto
10	27,8	15 - 24	27 - 36	Peligroso
11	30,5	14 - 22	25 - 33	Peligroso
12	33,3	12 - 20	22 - 30	Peligroso
13	36,1	11 - 18	21 - 28	Peligroso
14	38,9	11 - 17	20 - 26	Peligroso
15	41,7	10 - 16	18 - 24	Peligroso

El color verde (índice UV entre 1 y 4) representa un riesgo bajo  
 El color amarillo (índice UV entre 5 y 6) representa un riesgo medio  
 El color naranja (índice UV entre 7 y 9.4) representa un riesgo alto y  
 El color rojo (índice UV entre 10 y 15) representa un riesgo peligroso



**Figura 6: Tiempos de exposición máxima para pieles de tipo I, II, III y IV de acuerdo con DIN-5050 calculado para días despejados.**

### Parte del cuerpo expuesta al sol

La piel y los ojos son los órganos más sensibles a la exposición a los rayos ultravioleta del sol. Aunque el pelo y las uñas también reciben mucha radiación, son menos importantes desde un punto de vista médico. La exposición a la radiación solar UV puede dar lugar a efectos crónicos en la salud de la piel, ojos y sistema inmunológico. Los efectos agudos de la exposición UV incluyen desde quemaduras hasta fotoqueratitis. Los efectos crónicos incluyen el envejecimiento prematuro de la piel (eliodermatosis) y cáncer de piel, y en el caso de los ojos, cataratas.

La radiación UV-A tiene un efecto pronunciado en la capa subcutánea y puede alterar la estructura de las fibras de colágeno y elastina, acelerando el envejecimiento de la piel, mientras la radiación UV-B principalmente produce eritema y varios tipos de cáncer de piel. Es importante remarcar que, así como la piel tiene la capacidad de adaptarse a la radiación UV produciendo melanina (bronceándose), los ojos no tienen esta capacidad.

## **Protección de la piel**

La mejor protección contra el sol es la ropa. Las ropas transparentes a la radiación UV deberían indicarlo claramente. Las partes de nuestro cuerpo que no quedan cubiertas por la ropa deberían protegerse con un protector solar que contenga filtros UV-A y UV-B. Durante las primeras exposiciones se recomienda un protector con un SPF (Factor de Protección Solar) de 15, como mínimo de 20 para niños. Especial cuidado precisan los bebés. El efecto protector de las cremas solares no sólo depende de la calidad de las mismas sino de la correcta aplicación de éstas. Para el cuerpo de un adulto la cantidad adecuada de protector solar está entre 30 y 40 gr para así conseguir el efecto especificado por el SPF. El protector solar debe ser aplicado unos 45 minutos antes de tomar el sol y reaplicado después de cada baño. Si los protectores solares se aplican apropiadamente son capaces de proteger de quemaduras, envejecimiento prematuro de la piel y cáncer.

### **Recomendaciones generales para proteger la piel**

- Minimizar la exposición al sol en horas de máxima radiación ( de 12:00 a 14:00, hora local).
- Nunca utilizar medios artificiales de radiación (lámparas de bronceado).
- Extremar las precauciones durante la niñez, evitando siempre el enrojecimiento de la piel del niño. 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.
- Durante los periodos de radiación elevada, usar gafas de sol y sombrero, y cubrir con ropa (camiseta) o crema fotoprotectoras las zonas del cuerpo expuestas al sol.
- Recordar que las cremas fotoprotectoras, aunque evitan que la piel se quemara y aminoran otros efectos nocivos de la radiación UV, no evitan todos los efectos nocivos ni la tendencia al cáncer de piel ante altas dosis acumulativas de radiación UV. Por ello, no son aconsejables las exposiciones muy prolongadas aunque use fotoprotectores y no se quemara.
- Las medidas a tomar para evitar cualquier tipo de riesgo en el ojo consisten en usar unas gafas de sol cuyos cristales absorban la radiación UV-B.

### **Recomendaciones particulares de protección de la piel**

- Estas dependen del índice UV del día pero también del tipo de piel de cada persona.
- Es evidente que las medidas a tomar ante un índice UV determinado por una persona con una piel muy clara y otra de piel muy oscura, serán diferentes.
- 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 un bronceado final intenso.
- El color natural de su piel debe observarlo en áreas habitualmente no expuestas a la luz como la zona interna del brazo o del muslo. Se consideran cuatro tipos básicos de piel.

### **Factor de Protección Solar (SPF)**

El SPF que aparece en los protectores solares nos indica cuánto tiempo podemos estar al sol sin quemarnos en comparación con nuestro tiempo normal de exposición. Es decir, si normalmente podemos estar al sol 30 minutos sin quemarnos y usamos un protector solar con SPF 8, podremos estar 8 veces más al sol sin quemarnos, o sea 240 minutos (4 horas). Es importante tener en cuenta que no por ponernos más crema en sucesivas aplicaciones conseguimos más tiempo de protección, y la única forma de conseguir esto es aplicando un protector solar con mayor SPF. Por otro lado, la protección sólo es activa en el día que se aplica el protector solar. Existen diferentes definiciones del SPF. Los productos de la Comunidad Europea emplean el sistema COLIPA (Comité de Liaison des Associations Européennes de L'Industrie de la Parfumerie, des Cosmetiques et des Toilette) mientras que en Estados Unidos se emplea el sistema FDA (Food and Drug Administration). De este modo, es necesario tener en cuenta que la escala FDA es prácticamente el doble que la COLIPA, por ejemplo un grado 40 en un protector en la escala FDA equivaldría aproximadamente a un 20 en la escala COLIPA que es la utilizada en este manual. Por tanto, es absolutamente necesario saber en qué escala está referenciado el protector que adquiramos.

***Tabla 4: Factores de protección solar recomendados para diferentes tipos de piel y valores de UVI.***

INDICE UV	TIPO DE PIEL			
	I	II	III	IV
<b>1 A 3</b>	<b>15</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>6</b>
<b>4 A 6</b>	<b>30</b>	<b>25</b>	<b>15</b>	<b>12</b>
<b>7 A 9</b>	<b>50</b>	<b>40</b>	<b>30</b>	<b>20</b>
<b>10 Y MAS</b>	<b>60</b>	<b>50</b>	<b>40</b>	<b>30</b>

## Fotosensibilización y medicamentos fotosensibilizantes

La fotosensibilización es una reacción cutánea en respuesta a la interacción de la radiación solar con sustancias fotosensibilizantes que se encuentran en la superficie cutánea tras la administración tópica o sistémica de las mismas. Estas sustancias fotosensibilizantes, que suelen ser medicamentos, son inocuas y bien toleradas, pero se vuelven nocivas cuando se activan por los rayos UV-A. Hemos de diferenciar dos tipos de reacciones de fotosensibilidad, la fototoxia y la fotoalergia. La fototoxia es el resultado de la acción de los rayos solares sobre una sustancia medicamentosa administrada por vía sistémica o tópica en la que sólo quedan afectadas las zonas expuestas al sol.

En la fotoalergia la sustancia medicinal suele ser inmunológicamente inactiva, pero al ser irradiada produce una molécula con carácter antigénico que desencadena una reacción alérgica que afecta a zonas expuestas y no expuestas al sol. Ambas reacciones se presentan con eritema, pápulas, vesículas y ampollas.

El número de medicamentos que pueden desencadenar este tipo de manifestaciones es grande, por lo que es conveniente leer los prospectos de los medicamentos antes de exponerse al sol. A continuación se muestra una lista de grupos de medicamentos responsables de estas reacciones:

### Anestésicos locales

Antiacnéicos (retinoides y peróxido de benzollo)

Antiarrítmicos (amiodarona y quinidina)

Anticonceptivos hormonales orales

Antidepresivos tricíclicos

Antiepilépticos (fenitoína, carbamazepina)

Antihistamínicos H-1 (ciproheptadina, difenhidramina, dimenhidrinato, prometazina)

Antiinflamatorios no esteroideos

Antimicrobianos (sulfamidas, tetraciclinas, eritromicina, griseofulvina, etc.)

Antineoplásicos

Antiparasitarios

Antipsicóticos tipo butirofenonas y fenotiazínicos

Diuréticos

Antidiabéticos orales

Psoralenos

Aceites esenciales y perfumes

Los antiacnéicos no sensibilizan pero al eliminar la capa córnea permiten mayor penetración de la radiación UV. Los antihistamínicos H-1, en su uso tópico, no deberían utilizarse.

## Filtros solares

Son sustancias que se aplican sobre nuestra piel para protegernos de los efectos perjudiciales de la radiación ultravioleta. Según su modo de acción se clasifican en:

- **Filtros físicos:** son sustancias minerales impermeables (opacos) a la radiación, reflejándola y dispersándola. Entre los más usados están el óxido de zinc, el dióxido de titanio y la mica.

- **Filtros químicos:** son sustancias capaces de absorber la energía de la radiación UV transformándola en otro tipo de energía no dañina. Algunos absorben principalmente radiaciones UV-A, mientras que otros absorben preferentemente radiaciones UV-B. En el siguiente cuadro se muestran los filtros más comunes con su denominación química:

Grupo químico	Denominación química
Ácido para-aminobenzoico (PABA) y derivados	Etil dimetil propil PABA Octil dimetil PABA
Cinamatos	Parametoxicinamato de octilo Parametoxicinamato de isoamilo
Salicilatos	Salicilato de homomentilo Salicilato de 2-etilhexilo
Derivados del Bencimidazol	Ácido 2-fenil-5-bencimidazolsulfónico
Derivados terpénicos	3 (4-metilbenciliden) alcanfor 3-bencilidenalcanfor
Benzofenonas	2-hidroxi-4-metoxibenzofenona 2-hidroxi-4-metoxibenzofenona-5-sulfonilo
Derivados del Dibenzoilmetano	Butilmetoxidibencilmetano 1(4-isopropil-fenil)3-fenil-1,3-propanodiona

- **Filtros biológicos:** son sustancias antioxidantes que evitan la formación de radicales libres y, por tanto, potencian el sistema inmunológico cutáneo. Entre ellos se encuentran las vitaminas A y E en sus formas acetato o palmitato.

## Protección de los ojos

La radiación UV puede producir cataratas. Esta enfermedad ocular consiste básicamente en que el cristalino se vuelve opaco como consecuencia de la agresión permanente de la radiación solar, sobre todo de la procedente de la región UV. El cristalino es la lente que permite la formación de la imagen sobre la retina. Las cataratas son la primera causa de ceguera en el mundo y para corregirlas es necesario recurrir a la cirugía. Para prevenir esta enfermedad lo más eficaz es llevar gafas de sol que filtren la radiación UV-A y UV-B, y a ser posible con protectores laterales de forma que eviten la radiación reflejada en el suelo, paredes, y en algunas partes del cuerpo como la cara y el cuello.

Hay que advertir que no hay que dejarse engañar por el color de las lentes. Algunas lentes blancas filtran el 100% de la radiación UV mientras que otras muy

oscuras, denominadas "solares", no protegen absolutamente nada. Para mayor seguridad se recomienda el asesoramiento de un óptico. De acuerdo con la normativa de la Comisión Europea 89/686/CEE, los fabricantes deben indicar claramente en las gafas el grado de protección de las lentes. El grado de protección varía de 0 a 4 según la siguiente clasificación:

Grado	Utilización
0	Confort, estética
1	Luminosidad solar atenuada
2	Luminosidad solar media
3	Fuerte luminosidad solar
4	Luminosidad solar excepcional ( <i>no recomendado para conducir</i> )

El símbolo "CE" seguido del grado de protección constituye una garantía esencial para el consumidor. Las lentes deben, no sólo filtrar la luz visible si no, sobre todo, la radiación UV y todo ello en las proporciones adecuadas. Las lentes que no respondan a esta exigencia no sólo no son útiles si no que son peligrosas. La explicación es muy sencilla: unas gafas que filtren la luz visible pero no la radiación UV provocarán que nuestras pupilas se dilaten instintivamente al detectar menos luz visible, ocasionando que se produzca así una mayor entrada en el ojo de la radiación UV perjudicial.

Se debe prestar especial atención a los niños ya que su cristalino es casi transparente hasta los 10 o 12 años, y absorben toda la radiación. Por tanto, no es nada recomendable comprarles gafas de sol de juguete o aquellas que no cumplan estrictamente con la reglamentación de la Comisión Europea.

La Tabla 5, muestra una guía sencilla para protegerse de la radiación UV para diferentes valores del Índice UV , para la piel más sensibles (Tipo I y niños) y para pieles más tolerantes (Tipo III).

***Tabla 5: Medidas de protección para las pieles más sensibles (Tipo I y niños) y para pieles más tolerantes (Tipo III).***

## Aplicación de las medidas protectoras

Guía rápida para la aplicación de las medidas protectoras

UVI	MEDIDAS DE PROTECCION	TIEMPO DE EXPOSICION
10 + Extremo	Fotosensibilidad Alta-Tipo de Piel I y Niños 	Menos de 15 min.
7-9 Alto		20 min.
4-6 Medio		30 min.
1-3 Bajo		Más de 60 min.
	Fotosensibilidad Media-Tipo de Piel III	
10 + Extremo		Menos de 30 min.
7-9 Alto		40 min.
4-6 Medio		60 min.
1-3 Bajo		Más de 60 min.

**MEDICION DEL ESPECTRO DE RADIACIÓN UV-B DE SISTEMAS DE PROTECCIÓN, UTILIZADOS EN LA ZONA NORTE DEL PAIS**

Las medidas de protección regularmente utilizadas en el norte de Chile consisten fundamentalmente en vestuario de protección, cremas de protección solar UV, lociones de protección solar UV, anteojos de seguridad con protección UV y lentes ópticos con protección UV.

Los materiales considerados en el presente estudio son:

#### **TELAS:**

- POPLIN IMPERMEABLE, VERDE OSCURO, 65%poliéster, 35% algodón, 0,28 mm,
- MEZCLILLA, AZUL CLARO, 100% algodón, 0,75 mm
- MEZCLILLA, AZUL OSCURO, 100% algodón, 0,75 mm
- GABARDINA RAQUELADO CELESTE AZULADO, 65%poliéster, 35% algodón, 0,38 mm,
- POLAR ANTIPEELING, AZUL, 0,65 mm
- POPLIN AZUL, 65%poliéster, 35% algodón, 0,28 mm,
- GABARDINA PIZARRA, 65% poliéster, 35% algodón, 0,38 mm,
- GABARDINA PLOMA, 100% algodón, 0,40 mm
- CASIMIR R2 NEGRO AZULADO, 65 % poliéster, 35 % algodón, 0,30 mm
- TREVIRA PLOMO, poliéster-rayon, 65%rayon, 35% algodón, 0,28 mm,
- POPELINA VERDE CELESTE, 65%poliéster, 35% algodón, 0,18 mm,

#### **CREMAS DE PROTECCIÓN SOLAR:**

- FACTOR 60, VICAY
- FACTOR 40, RAYITO DE SOL
- FACTOR 35, EUCERIN
- FACTOR 30 , SUNDOWN
- FACTOR 25, SUNDOWN JOHNSON Y JOHNSON
- FACTOR 15, ETIENE
- FACTOR 08, SIRADS

#### **LENTES:**

- LENTE AC MINERAL UV BLANCO (+4,75 ESF.), MACPRADO
- LENTE AC MINERAL UV BLANCO (+2,0 ESF), MACPRADO
- LENTE AC MINERAL UV BLANCO (+2,0 ESF.) ANTIREFLECTANTE, MACPRADO
- LENTE ORGANICO DE CR-39 DURA UV (+0,50 CIL.), RODENSTOCK
- LENTE ORGANICO DE CR-39 DURASIN BLANCO (+3,50 ESF., +1,0 CIL.), RODENSTOCK
- LENTE ORGANICO DE CR-39 DURASIN COLOR HUMO (+0,50 CIL.), RODENSTOCK
- LENTE ORGANICO DE CR-39 NORMAL BLANCO (+2,75 ESF.), RODENSTOCK

En lo que sigue se determina el espectro de absorción a la radiación UV-B, entre 270 y 320 [nm], para estos elementos.

La *American Society for testing Materials* ha creado una nomenclatura uniforme para referirse a términos y símbolos relacionadas con medidas de absorción a la radiación UV. La tabla 6 muestra los símbolos y terminos más importantes utilizados en las medidas de absorción a la radiación UV

**TABLA 6. SÍMBOLOS Y TERMINOS MAS IMPORTANTES UTILIZADOS EN LAS MEDIDAS DE ABSORCION**

<b>Término y símbolo</b>	<b>Definición.</b>	<b>Otros nombres y símbolos</b>
Potencia radiante, P, Po	Energía de la radiación en ergs que incide en el detector, por cm <sup>2</sup> de superficie y por seg.	Intensidad de la radiación, I, Io.
Absorción, A	$\log P_0/P$	Densidad óptica, D; extinción, E
Transmitancia, T	$P/P_0$	Transmisión, T
Trayectoria b de la radiación, en cm.	-	l,d
Absortividad, a	$A/(bc)$	Coefficiente de extinción, k
Absortividad molar, e	$A/(bc)$	Coefficiente de extinción molar

### **Transmitancia.**

La transmitancia T de un material, es la fracción de la radiación incidente transmitida por el material. Como consecuencia de las interacciones entre los fotones y las partículas absorbentes, la potencia del haz disminuye de Po a P al pasar a través de una capa de material de espesor b [cm] que absorbe radiación.

O sea que,

$$T = P/P_0$$

Por lo general, la transmitancia se expresa como porcentaje.

## Absorbancia.

La absorbancia de un material está definida por la ecuación.

$$A = -\log_{10} T = \log P_0/P$$

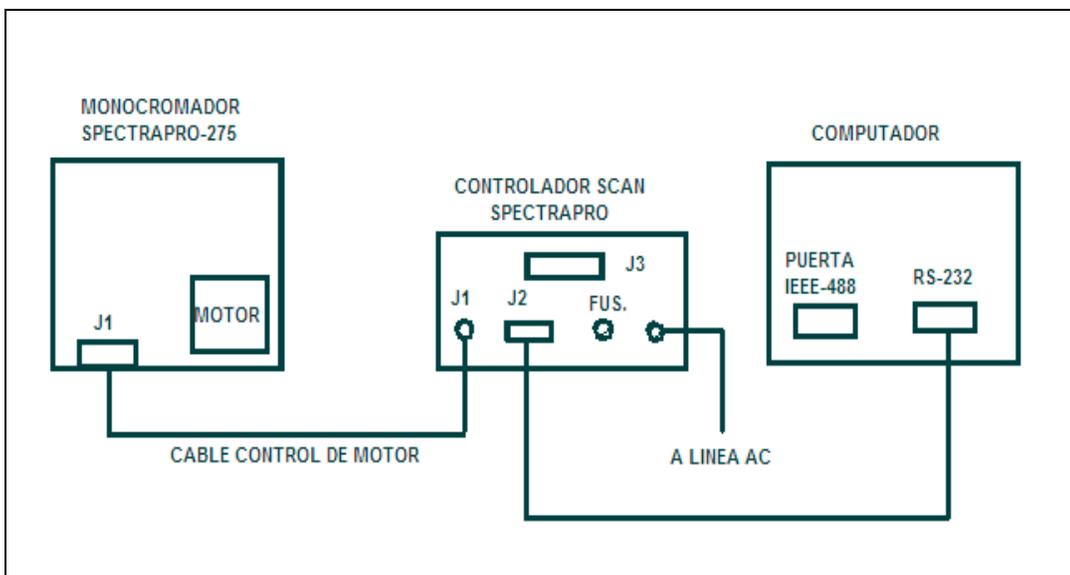
Obsérvese que a diferencia de la transmitancia, la absorbancia de un material aumenta a medida que aumenta la atenuación del haz.

## Absorbancia de materiales de protección contra la radiación UV-B utilizados en el norte del país

Para la medición del espectro de absorbancia de los materiales de protección contra la radiación UV-B utilizados en el norte del país se utilizó un Equipamiento montado en el Laboratorio de Física de la Universidad Católica del Norte que consiste en una lámpara de luz ultravioleta, modelo XBO 75W2, de la Osram y el tubo fotomultiplicador Hamamatsu 1PZ8, con una red holográfica entre 270 y 320 nm y un Espectrógrafo Monocromador (Spectra Pro-275 de Acton Research Corporation, USA), conectado a un Scanner controlador (Spectra Pro Scan Controller) y un Computador Personal que junto al Software Spectra Calc, permitió medir:

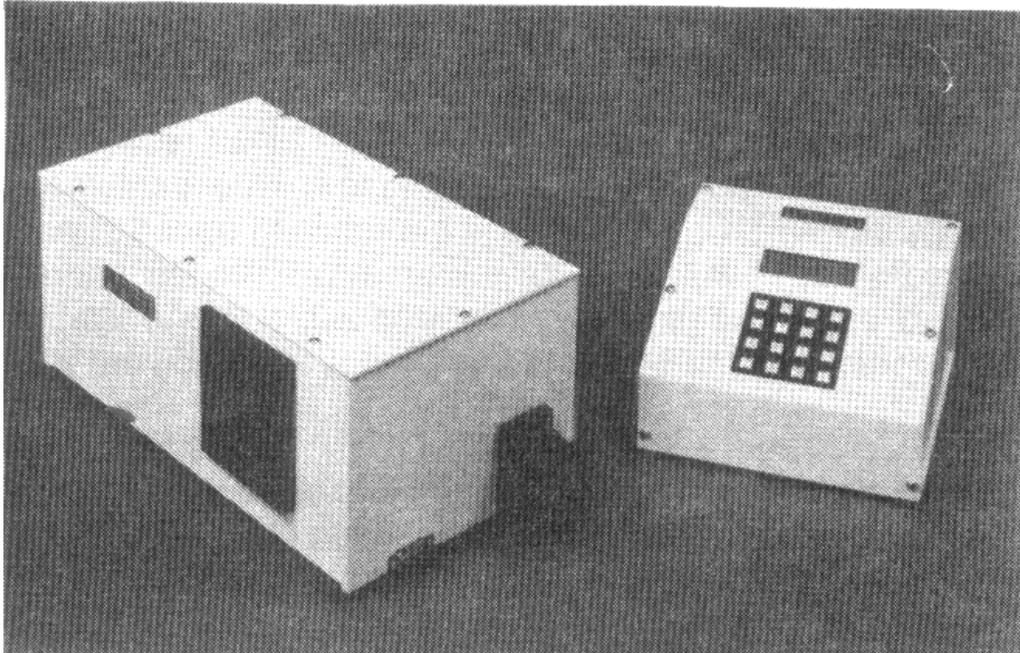
- La absorbancia de telas y géneros utilizados en industrias de la zona
- La absorbancia de cremas de protección solar de diferentes Factores de protección Solar (FPS) , que se comercializan en la región
- Lentes ópticos y de seguridad, orgánicos y de mineral utilizados para protección contra la radiación UV

La figura 7 muestra un esquema en bloque del sistema de medición utilizado



**Figura 7: Esquema de conexiones del monocromador de UV**

La figura 8 muestra una fotografía del monocromador y el sistema de scanner utilizado

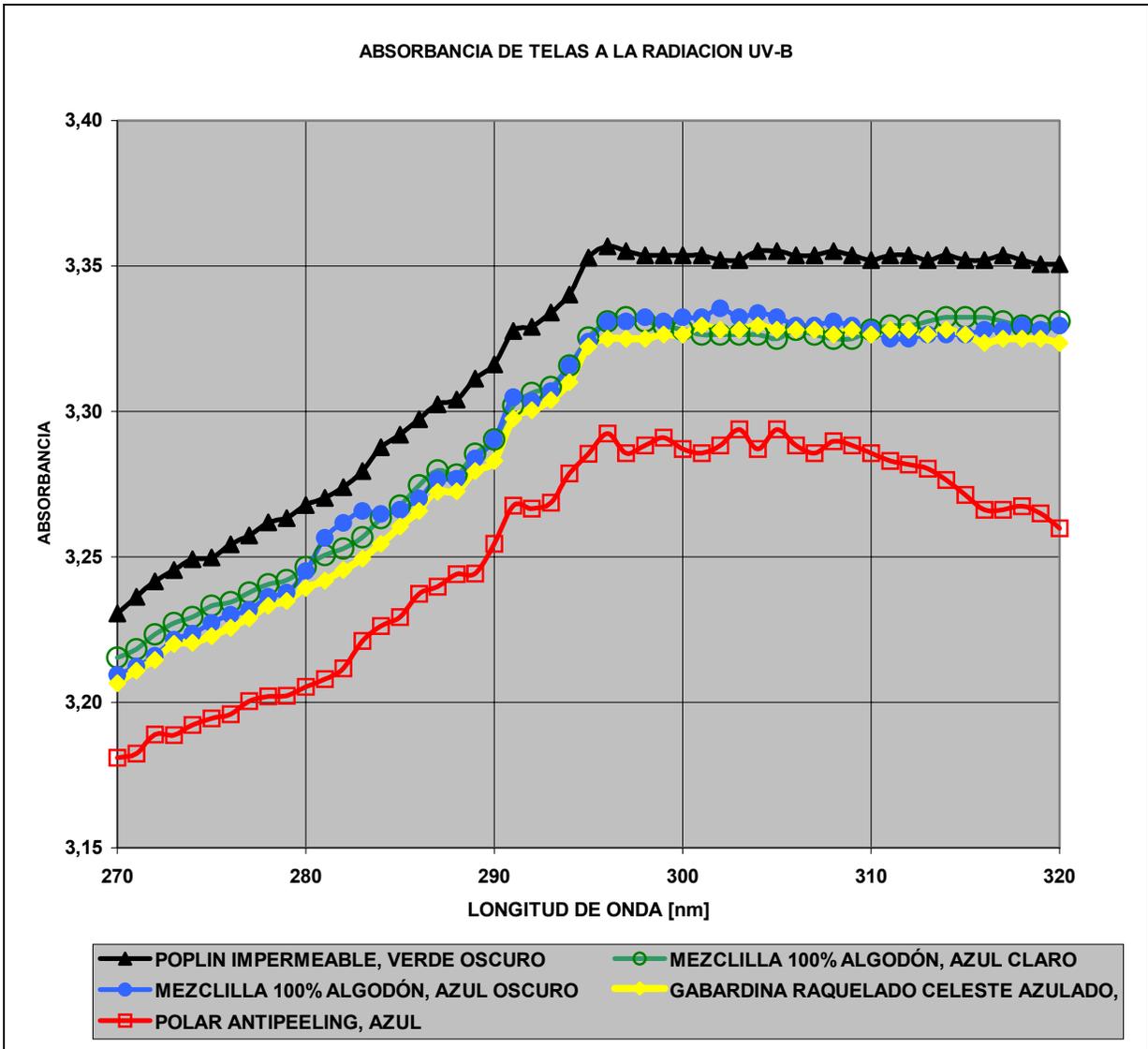


**Figura 8: Monocromador y Scanner de Radiación UV.**

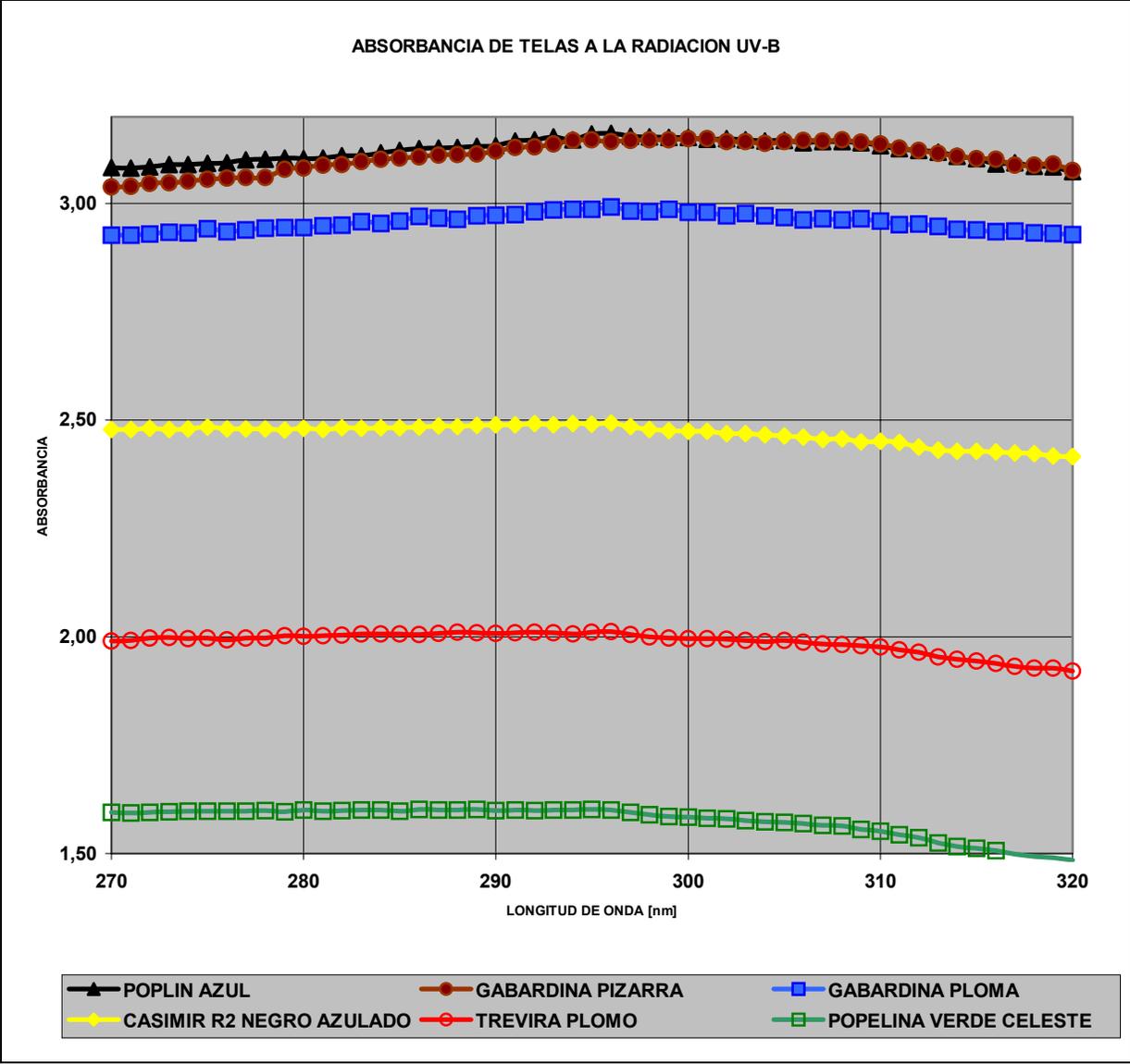
Las figuras 9 y 10 muestran el espectro de la absorbancia de la radiación UV-B de las telas y géneros utilizados en la confección de uniformes o vestuario de trabajo.

Las figuras 11 y 12 muestran el espectro de la absorbancia de la radiación UV-B de algunas cremas de protección solar que se comercializan en Antofagasta, medidas para una capa de 0,05 mm de espesor

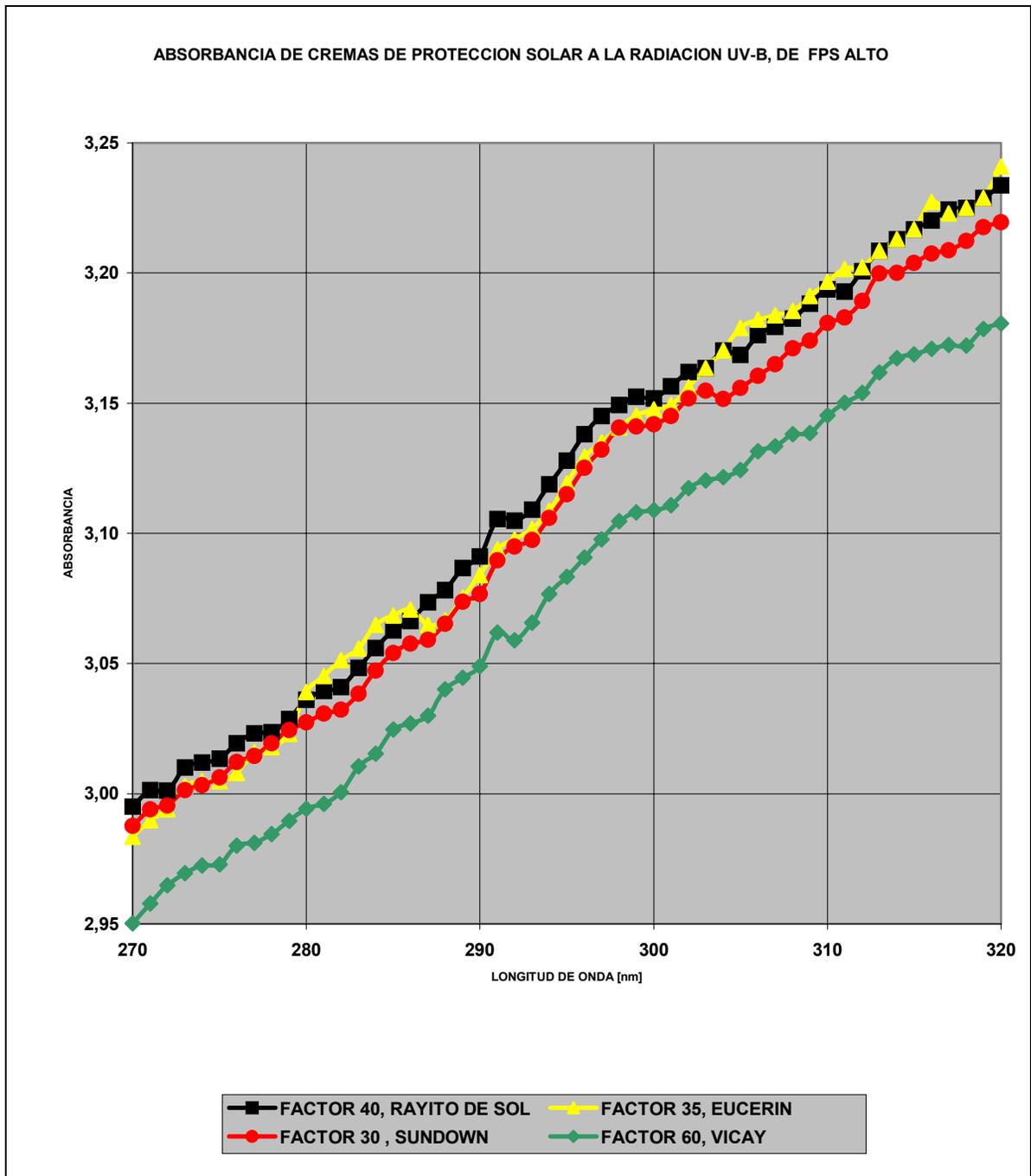
Las figuras 13 y 14 muestran el espectro de la absorbancia de la radiación UV-B de algunos lentes de vidrio y orgánico



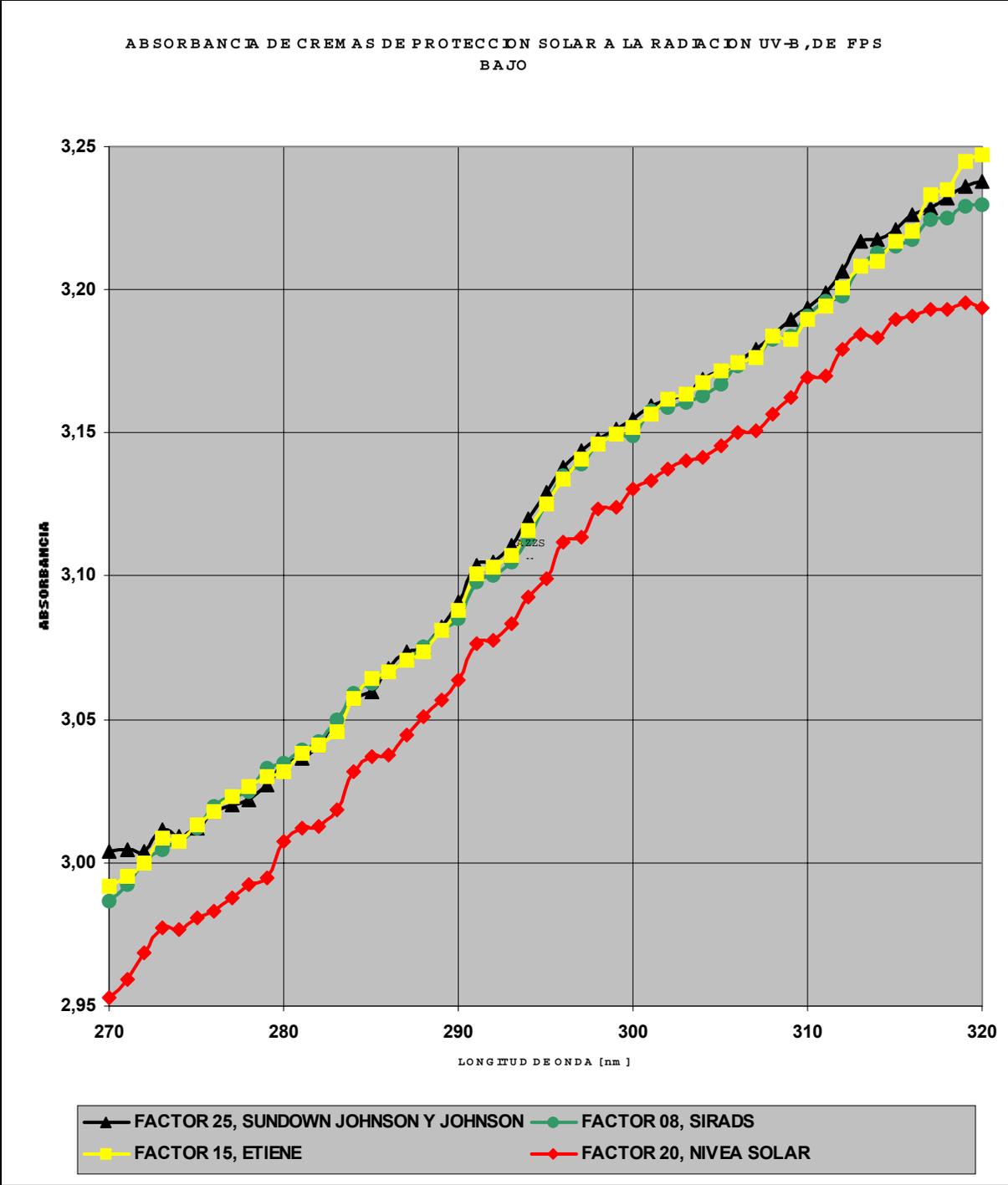
**Figuras 9: Espectro de absorbancia de la radiación UV-B de las telas**



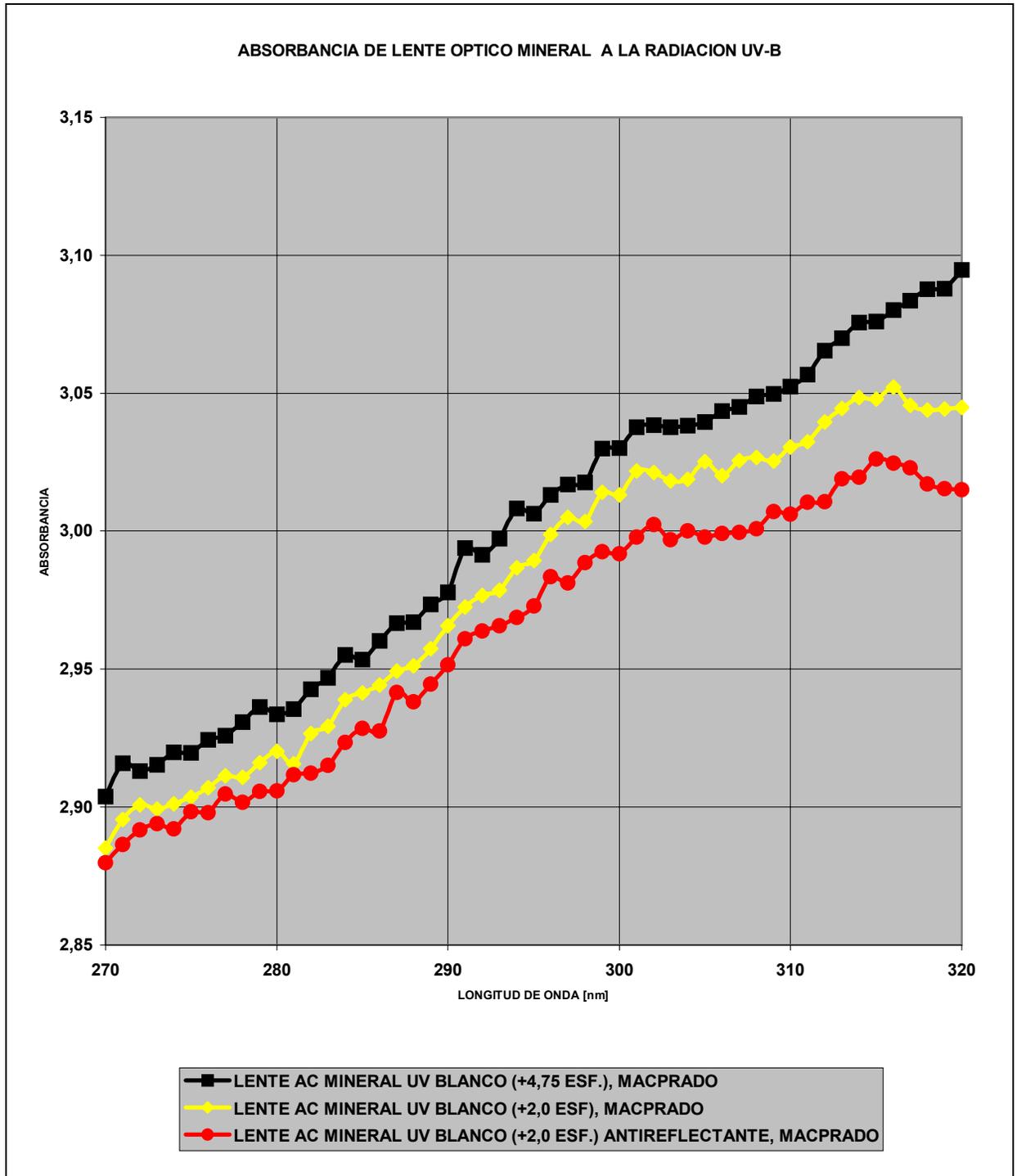
**Figura 10: Espectro de absorbanca de la radiación UV-B de las telas**



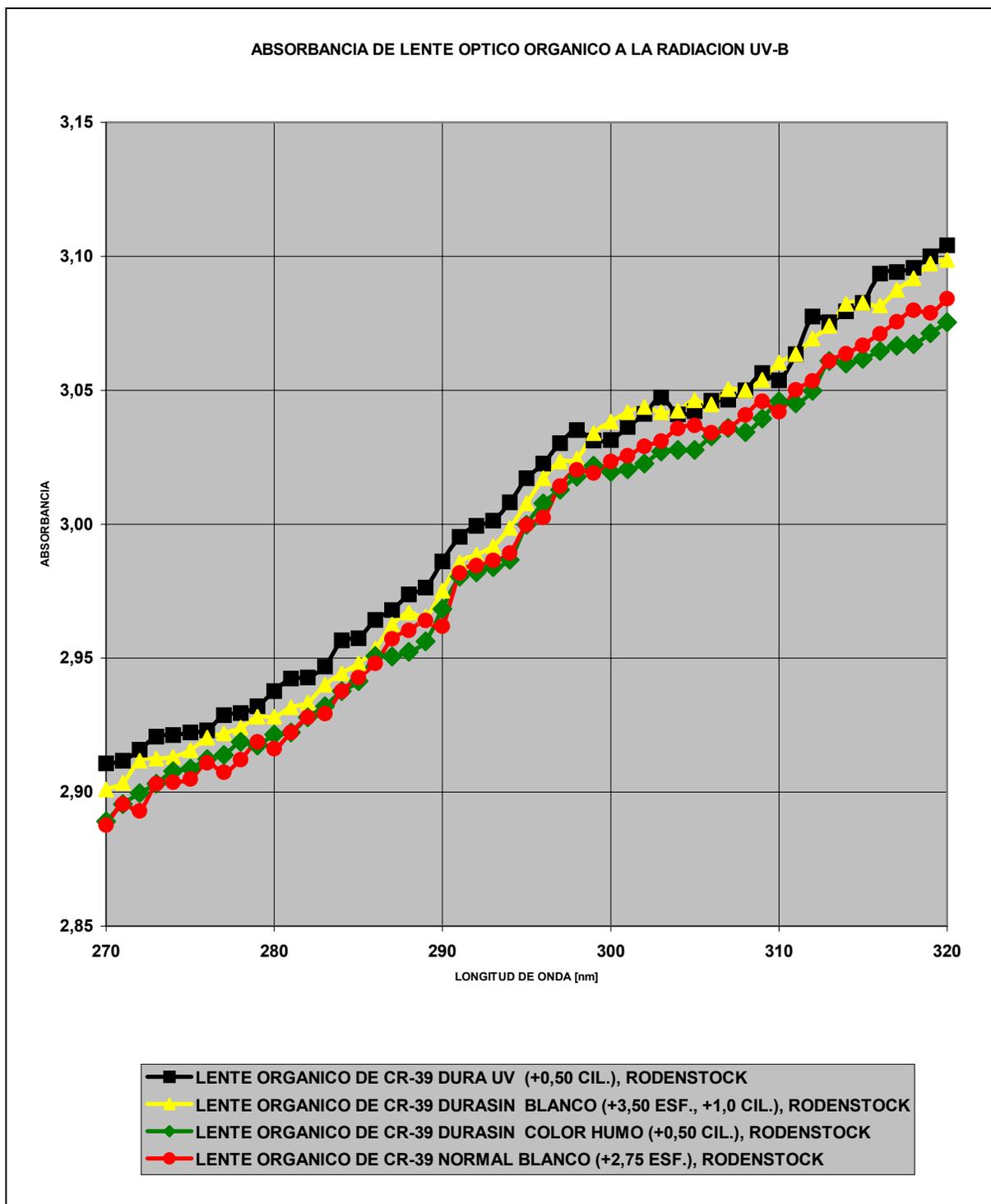
**Figura 11: Espectro de absorbancia de la radiación UV-B de cremas protectoras**



**Figura 12: Espectro de absorbanza de la radiación UV-B de cremas protectoras**



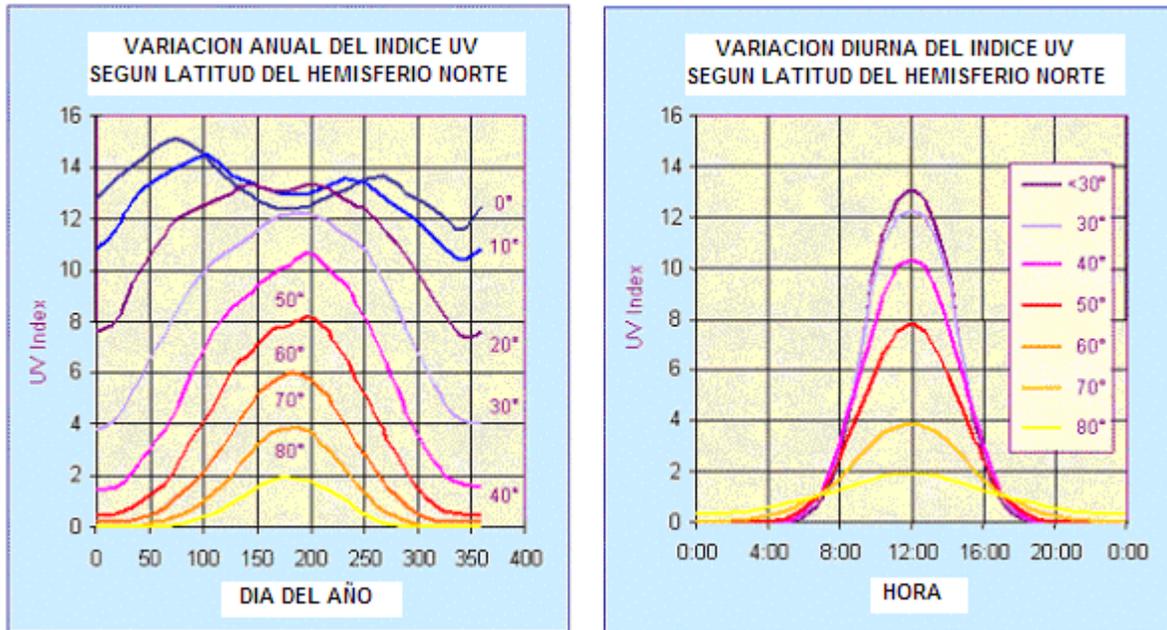
**Figura 13: Espectro de absorbancia de la radiación UV-B de lente mineral**



**Figura 13: Espectro de absorbancia de la radiación UV-B de lente orgánico**

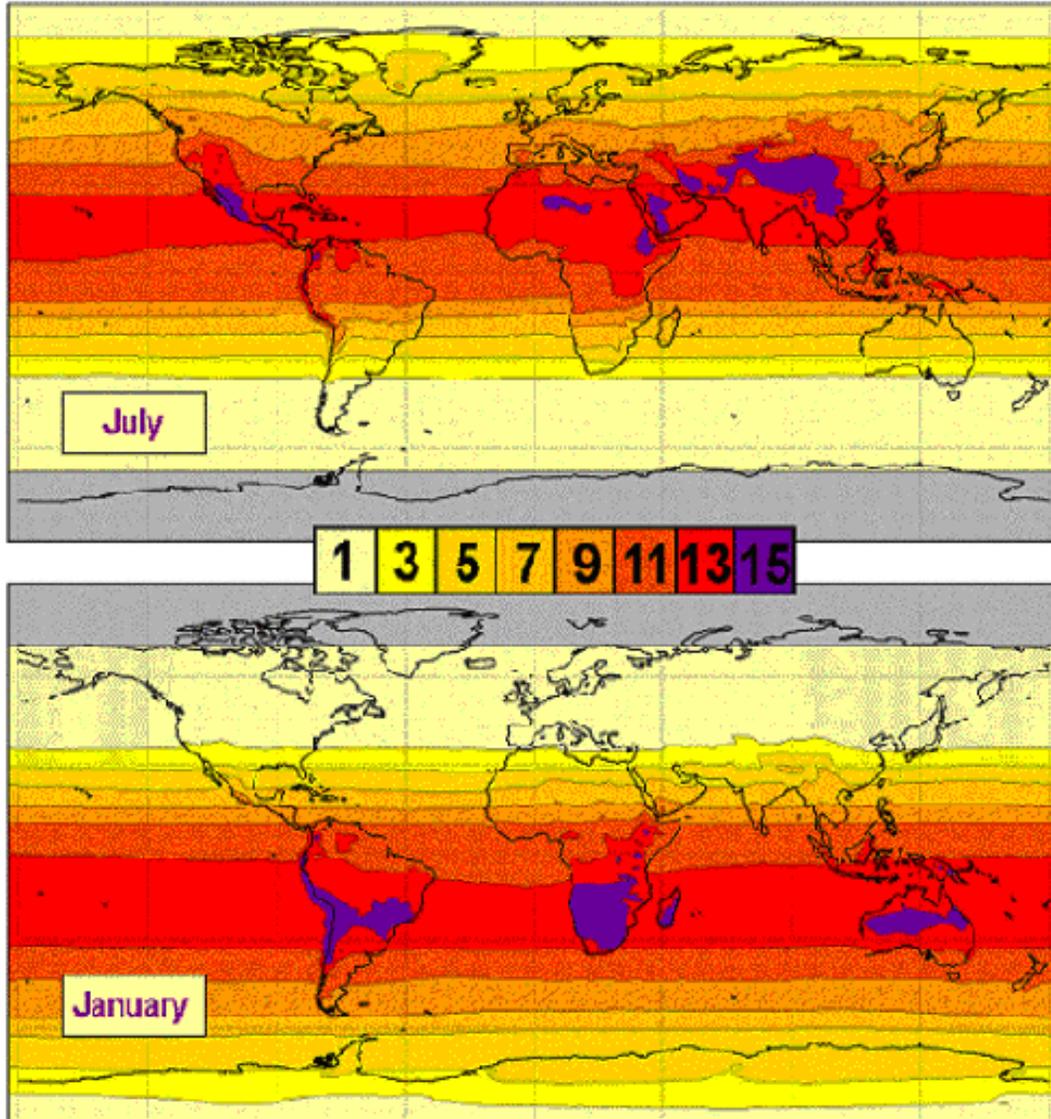
## CLIMATOLOGÍA DEL ÍNDICE UV

La estimación del índice UV da información del valor del índice en una cierta región. Sin embargo variaciones temporales y geográficas producen importantes cambios de dicho índices, en particular en zonas ecuatoriales o subtropicales. Las figuras 14 (A y B) muestran las variaciones del índice UV en el año y en el día a diferentes latitudes en el hemisferio norte y en días claros, obtenidas de observaciones desde satélites (NASA/EPTOMS, 1996-1999).



(A) (B)  
**Figura 14: Variación anual (A) y diurna en junio (B), del índice UV para diferentes Latitudes (H. Norte) en día claro, a nivel del mar**

La figura 15, muestra una estimación de la distribución geográfica del índice UVI máximo (al mediodía) en el mundo, para días claros (sin nubes) en los meses de enero y julio. Como se puede observar, el UVI va aumentando, en general, desde los polos al ecuador, registrándose un máximo sobre el ecuador "térmico" que oscila su posición en latitud a lo largo del año. Se observa que el norte de Chile registra los valores más altos de todo el globo en verano, mostrando valores considerados como peligrosos



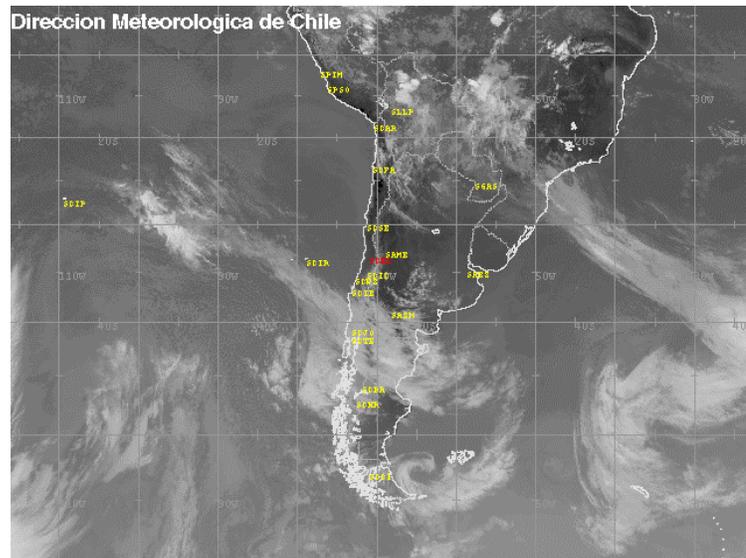
**Figura15: Estimación de la distribución geográfica del Índice UV en Julio y Enero para cielo claro**

### Índice UV en Chile

Esta última figura nos muestra que el norte de Chile presenta altos índices UV en verano, inclusive en julio se observan índices entre 9 y 12.

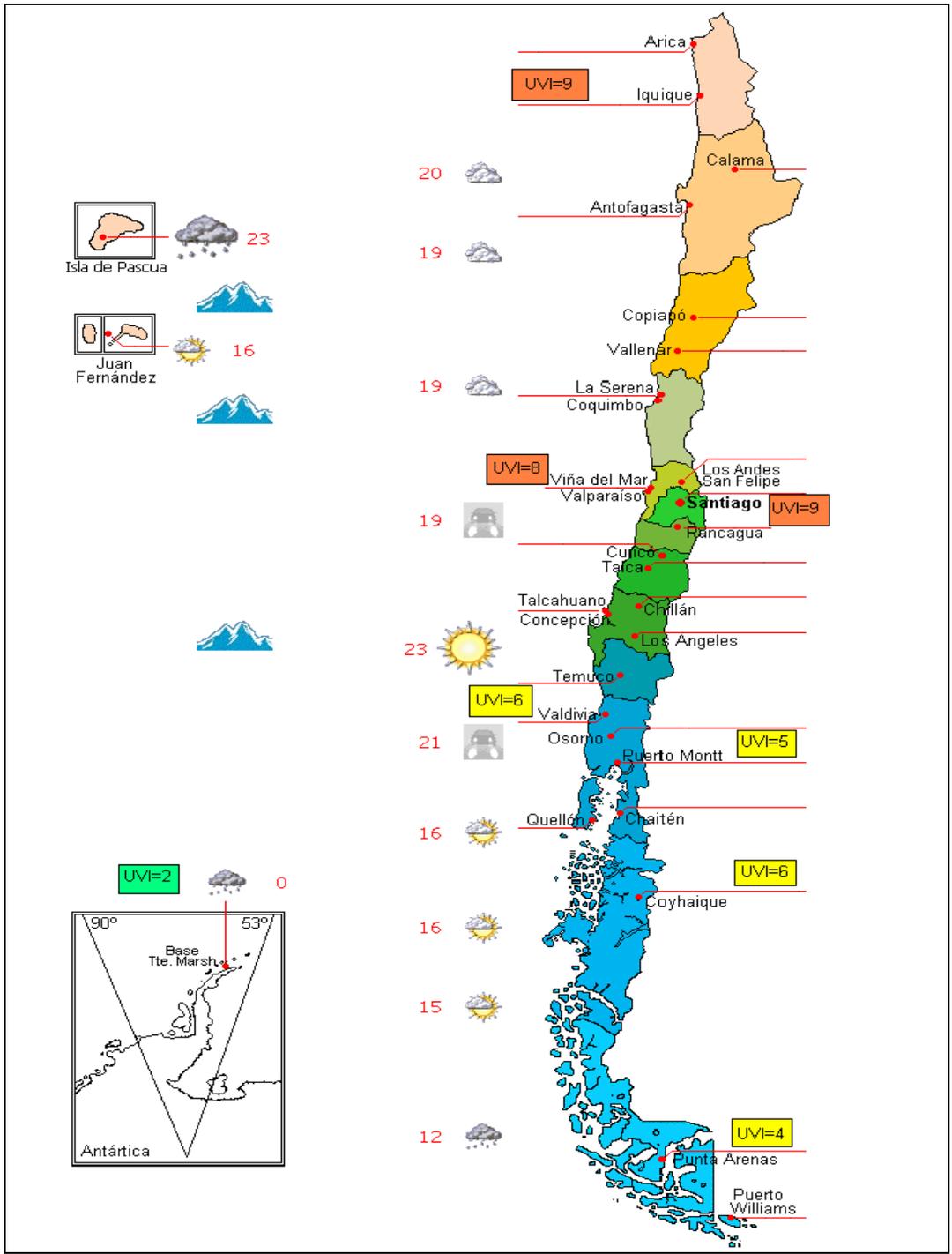
El territorio nacional se extiende desde una latitud de aproximadamente 17.5° S por el norte del país hasta el territorio Antártico Chileno, lo que significa que la inclinación de los rayos solares a una hora determinada es muy diferente entre las regiones más septentrionales y las más meridionales. Esta circunstancia, junto con el hecho de que Chile es un país muy montañoso y a la vez posee miles de kilómetros de costas y uno de los desiertos más áridos del mundo con cielos muy transparentes (con numerosas e importantes poblaciones situadas al nivel del mar y al interior del continente), hace que las variaciones del UVI a una hora determinada

experimente grandes cambios de unos lugares a otros. La figura 16 muestra una imagen satelital del cono sur de Sudamérica en el que se aprecia la condición climatológica del día 17 de octubre del 2002 a las 15 UTC, en donde se aprecia la limpieza de los cielos del norte de Chile, situación que es recurrente debido al anticiclón del Pacífico



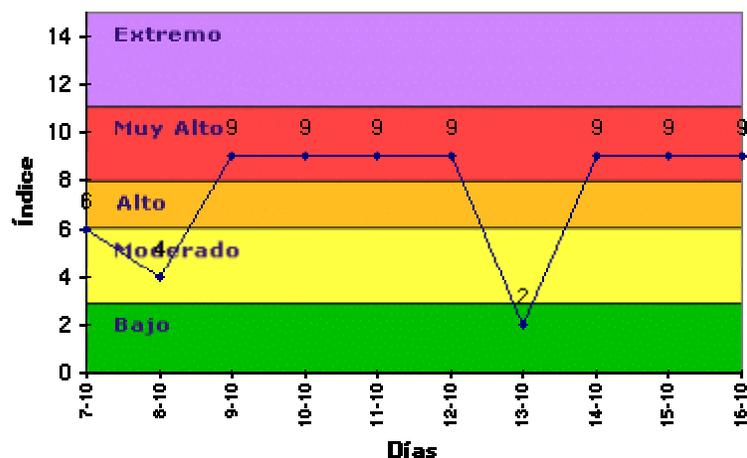
**Figura 16:Condición climatológica del cono sur Sudamericano, el día 17 de octubre de 2002**

En la figura 17 se observa la distribución espacial del UVI y condiciones climáticas de Chile, el día 17 de octubre del 2002 a las 12 UTC , según la dirección Meteorológica de Chile

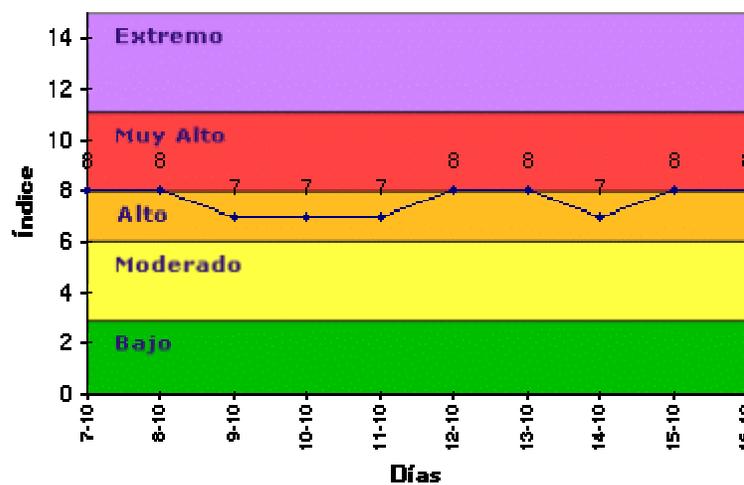


**Figura 17: Distribución espacial del UVI y condiciones climáticas de Chile, el día 17 de octubre del 2002 a las 12 UTC , según la dirección Meteorológica de Chile**

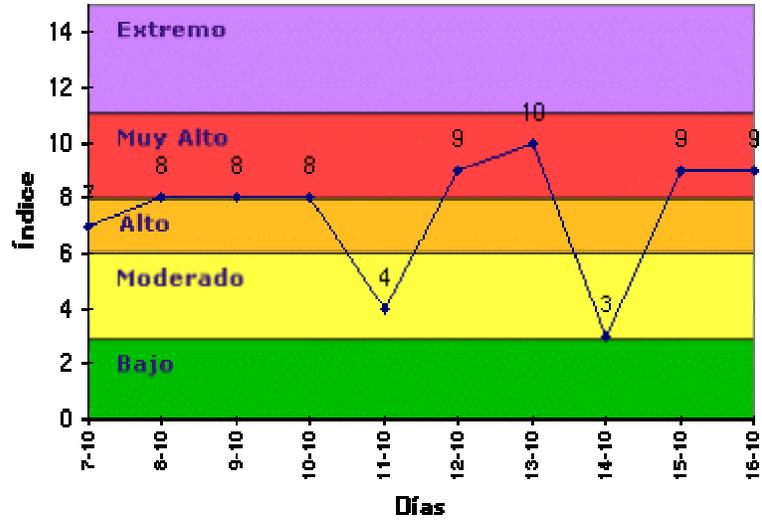
Desde la figura 18 hasta la figura 25 se observan los gráficos de los valores de los índice UV, desde el 7 al 16 de Octubre del 2002 para distintas ciudades de Chile, según la dirección Meteorológica de Chile



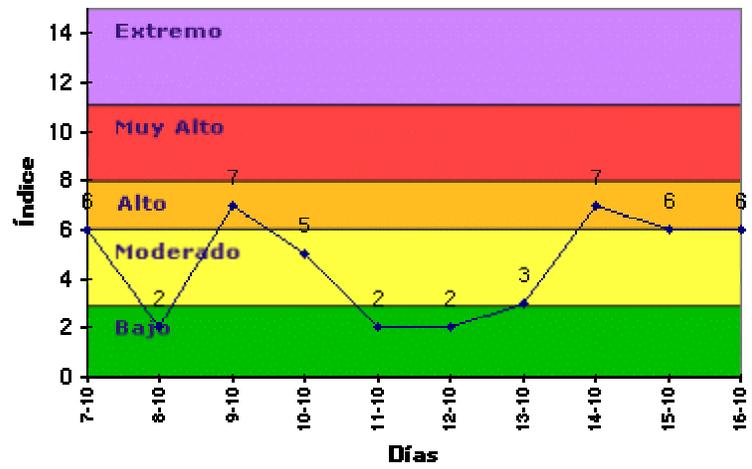
**Figura 18: Índice UV-B Observado en Iquique**



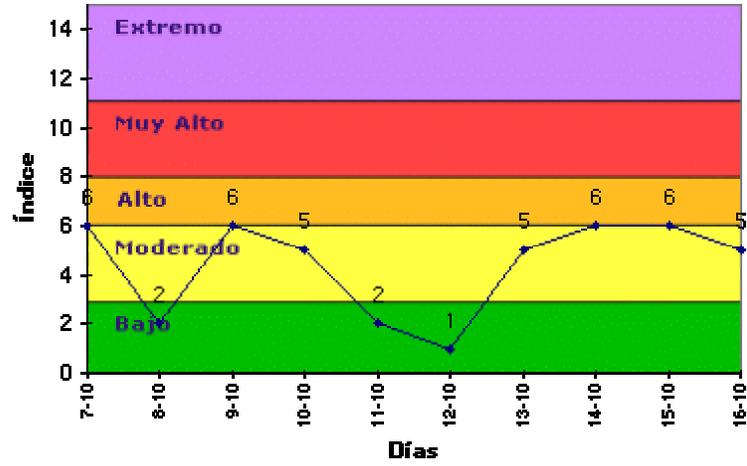
**Figura 19: Índice UV-B Observado en Litoral Central (Valparaíso).**



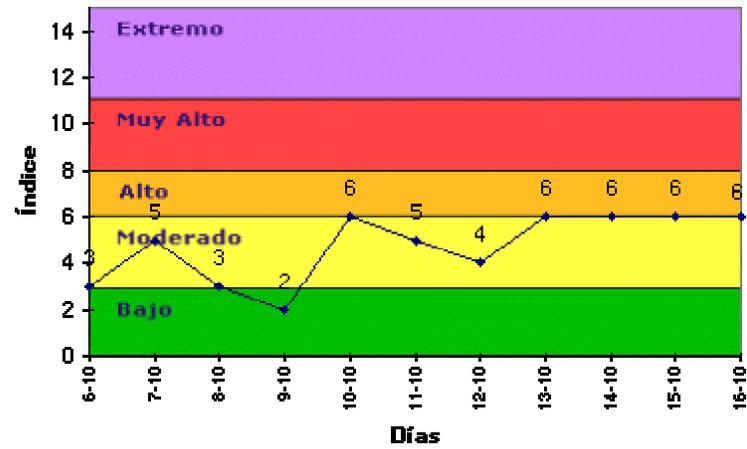
**Figura 20: Índice UV-B Observado en Pudahuel, Santiago**



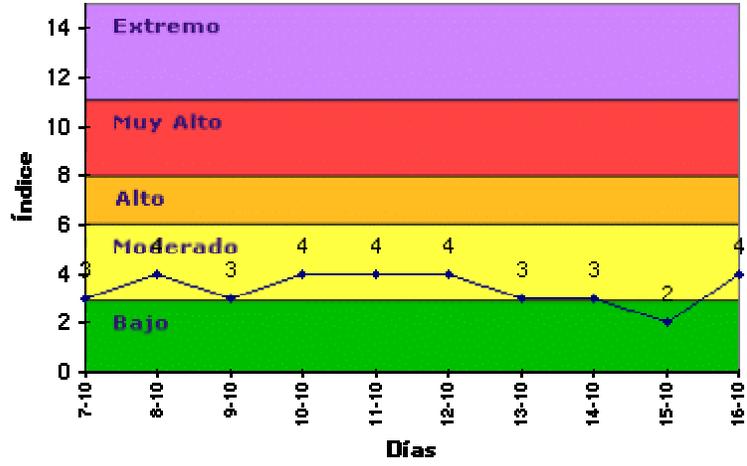
**Figura 21: Índice UV-B Observado en Valdivia**



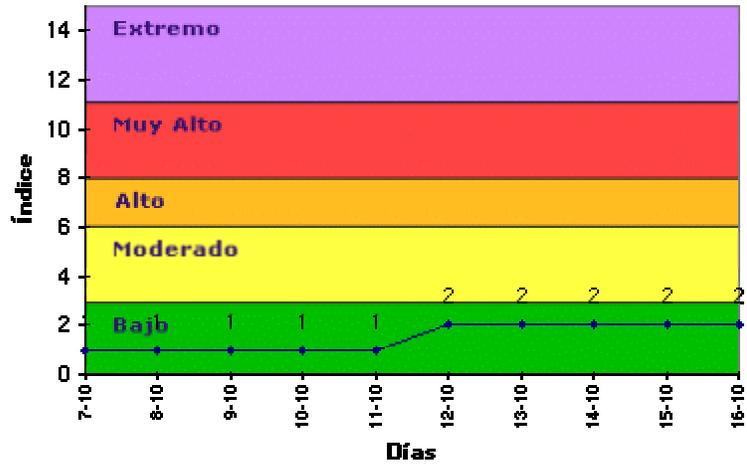
**Figura 22: Índice UV-B Observado en Puerto Montt**



**Figura 23: Índice UV-B Observado en Coyhaique**



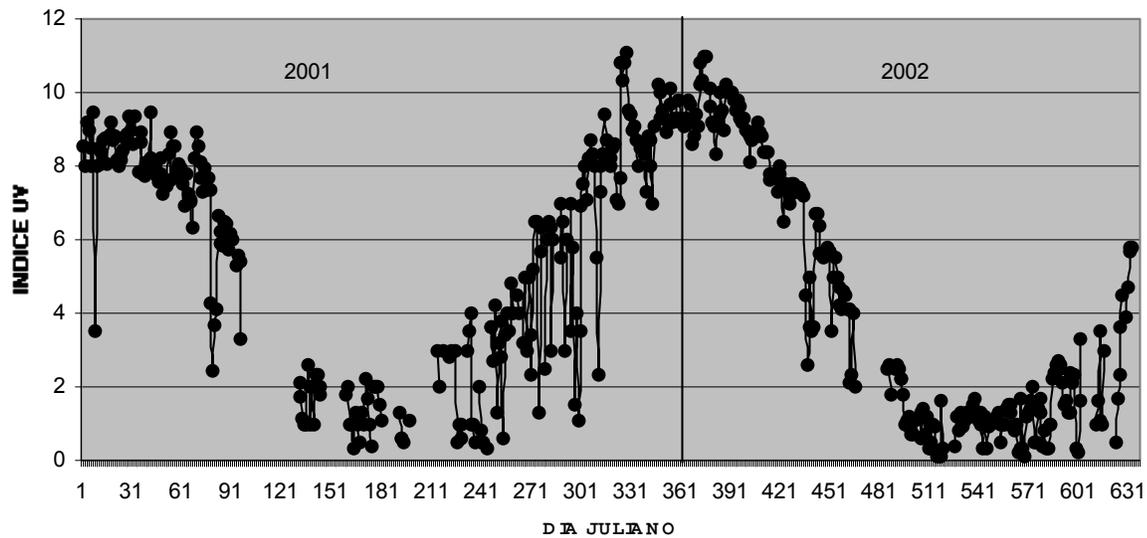
**Figura 24: Índice UV-B Observado en Punta Arenas**



**Figura 25: Índice UV-B Observado en Antártica**

Mediciones del Índice UV, realizadas por la USACH, durante los años 2001 y 2002 en la ciudad de Santiago se muestran en la figura 26

## INDICE UV EN SANTIAGO

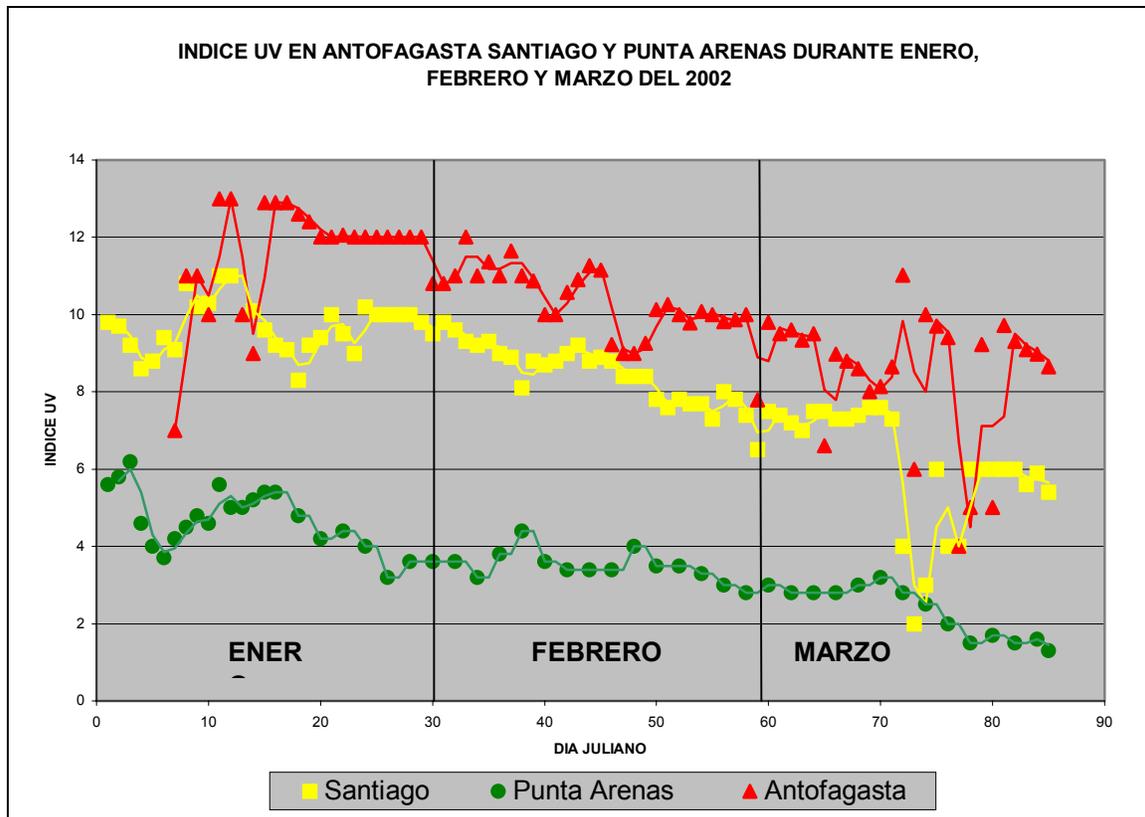


**Figura 26: Índice UV en Santiago durante los años 2001 y 2002**

En el gráfico de la figura 26, se observa claramente que en el verano del 2002, los índices UV fueron más altos que en el verano del 2001.

### Índice UV en Antofagasta

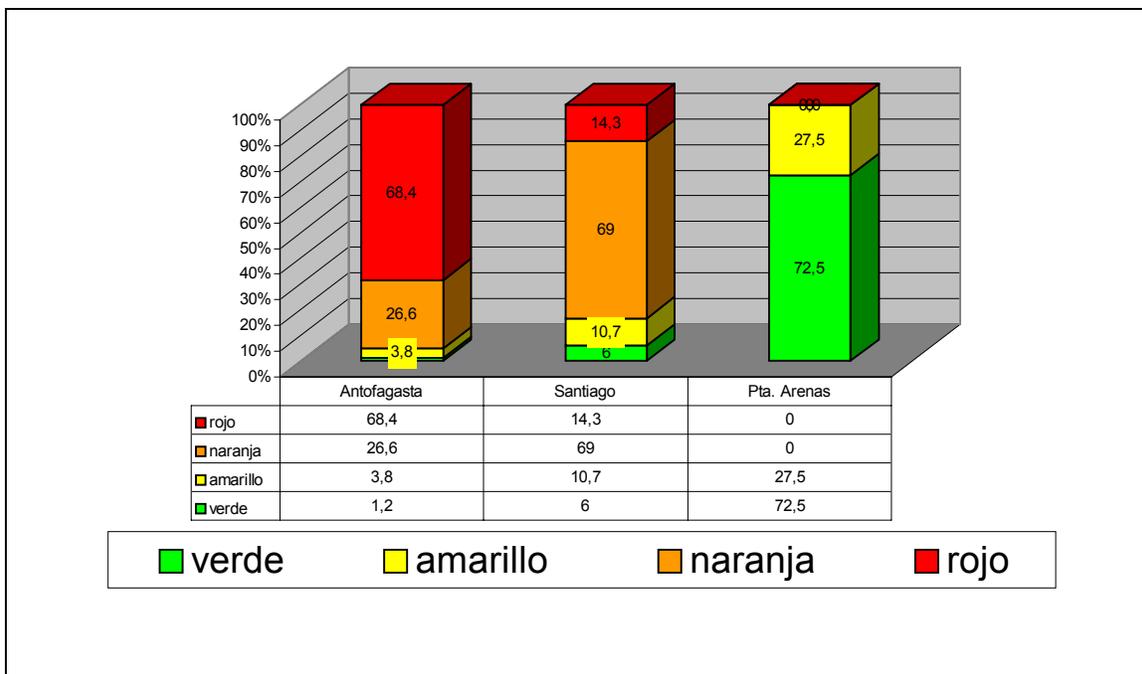
Mediciones del Índice UV, realizadas por la Conac y la USACH, entre Enero y Marzo del 2002 en las ciudades de Antofagasta, Santiago y Punta Arena se muestran en la figura 27.



**Figura 27: Índice UV en Antofagasta, Santiago y Punta Arenas en enero, febrero y marzo del 2002**

Datos proporcionados por el Dr. Ernesto Gramsch L., Physics Department, Universidad de Santiago, Avda. Ecuador 3493, Santiago, Chile Tel: (56-2) 776 80 12, Fax: (56-2) 776 95 96 <http://fisica.usach.cl/fisica/grupos/LabOptSemi/local/index.htm>

De los datos de la figura 27 se observa la grafica de la figura 28, que muestra los porcentajes de días con alerta roja, naranja, amarilla y verde en las ciudades de Antofagasta, Santiago, y Punta Arenas, durante enero, febrero y marzo del 2002



**Figura 28: Porcentaje de días con alerta roja, naranja, amarilla y verde en ciudades chilenas durante enero, febrero y marzo del 2002**

El balance en dicho período arrojó que durante el mes de enero, febrero y marzo del 2002, Antofagasta tuvo un 68,4 % de días en alerta roja, calificada de peligrosa, en cambio Santiago tuvo 14,3 % de días en alerta roja y Punta Arenas no registró ningún día en alerta roja a pesar de encontrarse mas cerca del agujero de ozono. El ozono atmosférico por causas de tipo climatológico a veces permite mayor o menor entrada de rayos UV. La ausencia de nubes y la perpendicularidad de los rayos solares, por ejemplo, ayuda a que la irradiación UV sea más peligrosa, lo cual sucede en el norte de Chile. También se observa que en Antofagasta, en enero, hay días en que el índice baja notoriamente respecto de la tendencia en dicho mes, lo cual es explicable por las condiciones climatológicas del llamado “invierno boliviano”, sin embargo, estos gráficos nos muestran que el norte del país presenta los más altos índices de radiación UV

Con el objeto de evitar los daños que ocasiona una alta radiación UV, es necesario educar a la gente, para que en el futuro la moda de la piel tostada quede obsoleta, así como también las empresas cuyos trabajadores trabajan a pleno sol, tomen las medidas protección adecuada para que la gente no desarrolle cáncer a la piel.

## ÍNDICE UV EN EL SIGLO XXI

La correlación inversa entre la cantidad total de ozono en columna y la irradiancia UV-B ha sido confirmada por medidas en numerosas estaciones. Estas medidas demuestran que cambios a gran escala experimentados en la capa de ozono pueden modificar la climatología de la radiación UV, particularmente en latitudes medias y altas. Una esperada recuperación en la capa de ozono a mediados del siglo XXI debería, por lo tanto, suponer una estabilización de la radiación UV-B en las próximas décadas. El Apéndice C incluye informaciones referente a la Capa de Ozono

El comportamiento actual de la capa de ozono está fuertemente influenciado por procesos radiativos, dinámicos y químicos en la estratosfera. La importancia de esos procesos se ve incrementada por las actividades humanas (Ej.: el efecto invernadero) que dan lugar a mayores variaciones a corto plazo en la capa de ozono y la radiación UV. El impacto negativo en la salud humana se podría eliminar con una concienciación profesional de la población basada, por ejemplo, en información del UVI. En cualquier caso, este siglo nos ofrece una oportunidad para alcanzar un control más activo sobre la exposición UV y las medidas de prevención, al menos para la parte más fotosensible de la población.

### LA RADIACIÓN UVB Y TÚ EN EL SIGLO XXI

- ▶ Aprende a controlar tus exposiciones a la radiación UV, teniendo en cuenta las recomendaciones de los profesionales.
- ▶ Ajusta tus exposiciones a la radiación UV en función del UVI.
- ▶ Aprende a tomar medidas de protección y enseña a las nuevas generaciones a emplearlas.
- ▶ Si te desplazas de tu lugar habitual de vida, ajusta tu comportamiento con respecto al sol en las nuevas condiciones climáticas.

## CONCLUSIÓN

En lo que sigue se anotan las conclusiones más relevantes relacionados con el tema

- El presente texto puede constituirse como un Manual de consulta en el tema de la radiación UV en Chile
- El norte de Chile, en los meses de verano presenta los más altos Índices de radiación UV del país e incluso a nivel mundial.
- En aquellos lugares, en donde existen faenas mineras o industriales, a gran altitud, cuyos trabajadores realizan labores a pleno sol, se exponen a una radiación mayor que a nivel del mar, pues, por cada 1000 m de altura sobre el nivel del mar, la radiación se incrementa en un 8%
- Investigaciones muestran que dichas radiaciones han aumentado, respecto de años anteriores
- Investigaciones muestran que el índice de mortalidad por cáncer a la piel (melanomas) en la segunda región es 2,4 veces mayor que el riesgo que tienen las personas que viven en otras latitudes del país.
- Estudios mundiales y del país precisan que de cada 100 casos de tumores malignos, 4 a 5 corresponden a tumores de piel, indicador que en el ámbito mundial es constante. En cambio, en la Segunda Región, de cada 100 casos similares, 37 corresponden a patología de piel.
- En los últimos años, en Chile, existe un creciente interés, por lo menos en el ámbito académico (Universidades) y de salud (Conac), por abordar este tema
- Existe en Chile una red de monitoreo de la radiación UV, desde Arica a la Antártica. Sin embargo, no se tiene conocimiento de que empresas mineras, industriales o de turismo, cuyos trabajadores trabajen a pleno sol, dispongan de equipamiento para medir la radiación UV a que se exponen sus trabajadores, a fin de tomar las medidas de protección que el caso amerite.
- En Chile se construye y comercializa un equipo que mide radiación ultravioleta UV-A y UV-B, que además entrega el Índice UV en tiempo real (construido por la USACH y utilizado por la Conac) y posee además una salida para computador a través de una puerta serial y un teclado para ingreso de comandos. El equipo indica además el factor de protección solar para evitar el enrojecimiento de los distintos tipos de piel. El equipo es pequeño y puede ser usado por instituciones, empresas, o redes y que ofrece una alternativa de bajo costo a otros sensores ultravioleta disponibles en el mercado.

- Las telas o generos que se utilizan para la confección de uniformes o ropa de trabajo, en general, presentan una buena respuesta en el espectro de longitudes de onda de la radiación UV-B, con valores superiores a 3,0. La peor respuesta la tiene la popelina con valores inferiores a 2,0
- Las cremas protectoras cuyo factor es mayor que 15, en general, presentan una buena respuesta en el espectro de longitudes de onda de la radiación UV-B, con valores superiores a 3,0. Cabe destacar que aquella crema de factor 60 presenta una respuesta inferior a otras de menor factor
- Todos los lentes, de mineral u orgánico con protección UV, en general, presentan una buena respuesta en el espectro de longitudes de onda de la radiación UV-B, con valores superiores a 2,90.
- En días de alerta roja, deben seguirse las siguientes recomendaciones:
  1. Evite la exposición al sol de mediodía, entre las 10AM y las 4 PM.
  2. Busque la sombra: es la mejor protección. Recuerde la regla de la sombra, si no ve su sombra, ¡busque otra !
  3. Emplee siempre fotoprotector: abundantemente, con factor de protección 15 o mayor, cada 2 horas.
  4. Lleve sombrero con ala: protege áreas vitales: cara, orejas, ojos y cuello.
  5. Cúbrase: Con tejidos tupidos, de manga larga, se obtiene una protección adicional.
  6. Lleve gafas de sol, que filtren el 99-100% de la radiación UVA y UVB. Reducirá su exposición y el riesgo de padecer cataratas
- Es conveniente realizar, una campaña educativa en la población, en particular con los niños y trabajadores a fin de que se tome conciencia del riesgo de exponerse al sol, en días de alerta roja
- Es conveniente de que las empresas mineras, industriales o de turismo, cuyos trabajadores trabajen a pleno sol, tomen conciencia del riesgo de exponer a sus trabajadores al sol, en días de alerta roja

## **BIBLIOGRAFIA**

1. Parker SL, Tong T, Bolden S, Wingo PA. Cancer statistics, 1997 [published erratum appears in CA Cancer J Clin 1997 Mar-Apr;47(2):68] CA Cancer J Clin 1997;47(1):5-27.
2. Marks R. Skin cancer control in Australia. The balance between primary prevention and early detection [editorial]. Arch Dermatol, 1995 Apr, 131(4):474-8.

3. Boreland R, Hill D, Noy, S Being SunSmart. Changes in Community Awareness and Reported Behavior following a Primary Prevention Program for Skin Cancer Control. *Behavior Change* 7(3):126-135; 1990.
4. Long CS, Miller AJ, Lee H-T, Wild JD, Przywarty RC, Hufford D. Ultraviolet Index forecasts issued by National Weather Service. *Bulletin American Meteorological Society* 77:729; 1996.
5. Koh HK, Geller AC, Miller DR, Grossbart TA, Lew RA. Prevention and early detection strategies for melanoma and skin cancer. Current status [editorial] *Arch Dermatol* 1996;132(4):436-43.
6. Media dissemination of and public response to the Ultraviolet Index-United States 1994-1995. *Arch Dermatol* 133:907-8; 1997.
7. Geller AC, Hufford D, Miller DR, Sun T, Wyatt SW, Reilley B, Bewerse B, Lisco J, Brooks D, Grupenhoff J, Weary P, Lew RA, Koh HK. Evaluation of the Ultraviolet Index: media reactions and public response. *J Am Acad Dermatol* 1997;37(6):935-41.
8. Long CS, NOAA, National Weather Service, National Centers for Environmental Prediction. Ultraviolet Index Verification Report-Indications of Surface Ultraviolet Radiation Observation Characteristics. *Climate Prediction Center Report*; 1996.
9. Action Steps For Sun Protection. EPA430-F99-026, Sept 1999.
10. Cantor M, Rosseel K. EPA SunWise School program. personal communication
11. Decima Research. An Investigation of Canadian Attitudes Related to Environment Canada's UV Index. 1993.
12. Lovato C, Shoveller J, Rivers J. National Survey on Sun Exposure and Protective Behaviors: Final Report, Vancouver. Institute of Health Promotion Research University of British Columbia; 1997.
13. Stern RS, Weinstein MC, Baker SG. Risk reduction for nonmelanoma skin cancer with childhood sunscreen use. *Arch Dermatol* 1986;122(5):537-45.
14. Cantor M, Rosseel K, Rutsch, L. The United States Environmental Protection Agency SunWise Program. *Health Education & Behavior* 26:303-304; June 1999.
15. Geller AC. Current Status of Sun Protection Programs. *Cosmetic Dermatology* 43-47; May 1999.
16. Miller DR, Geller AC, Wood MC, Lew RA, Koh HK. The Falmouth Safe Skin Project: evaluation of a community program to promote sun protection in youth. *Health Educ Behav* 1999;26(3):369-84.

17. Goldsmith LA, Koh HK, Bewerse BA, Reilley B, Wyatt SW, Bergfeld WF, Geller AC, Walters PF. Full proceedings from the National Conference to Develop a National Skin Cancer Agenda. American Academy of Dermatology and Centers for Disease Control and Prevention, Washington, D.C., April 8-10, 1995. J Am Acad Dermatol 1996;35(5 Pt 1):748-56.
18. Virgilio Carreño, Alberto Redondas y Emilio Cuevas. Índice UV para la población. España. Primera Edición: Madrid, junio 2002. (Instituto Nacional de Meteorología)
19. Karel Vanicek, Thomas Frei, Zenobia Litynska y Alois Schmalwieser, COST-713 "UVB Forecasting",
20. World Meteorological Organization, Scientific Assessment of Ozone Depletion: 1994, WMO Global Ozone Research and Monitoring Project - Report No. 37, Geneva, 1995.
21. 0.275 meter focal length monochromator/spectrograph operating instructions. Acton research corporation serial 275865S
22. Spectra calc. User guide. Galactic industries corporation, 1993
23. Ernesto Gramsch L. Desarrollo de un sensor ultravioleta de bajo costo con capacidad de post-procesamiento de datos". -Presentado en la II Jornada Chile de Física y Química Ambiental, 28 al 30 de Septiembre 2000, Olmué, Chile.

## APÉNDICE A

### 20 AFIRMACIONES Y RESPUESTAS BÁSICAS SOBRE LA RADIACIÓN UV

<u>Cierto o falso</u>	<u>Respuesta</u>	<u>Explicación</u>
No te quemarás si el día está nuboso	Falso	Aunque las nubes atenúan la UV, la radiación difusa es suficientemente intensa para producir quemaduras salvo que aquellas sean bajas y de gran espesor
Un exceso de sol es peligroso, no importa cual sea tu edad	Cierto	La piel humana y el sistema inmunológico son sensibles a la radiación UV durante todo el ciclo vital
Los filtros solares me protegen tanto que podré estar al sol mucho mas tiempo	Falso	Los filtros solares te protegen pero su eficacia decrece tras su aplicación - no debes permanecer al sol más de lo que te garanticen los FPS
Debes evitar tomar el sol entre las 11 y las 16 horas	Cierto	Debido a la mayor elevación del soil, la radiación UV es más fuerte en esas horas del día
Si no notas calor cuando estás al sol, quiere decir que no te quemarás	Falso	Los seres humanas no sienten la radiación UV, ya que es absorbida por las capas más externas de la piel
La radiación UV no sólo afecta a la piel, sino también a los ojos	Cierto	Las quemaduras son quizás el efecto más conocido, pero la radiación UV puede causar la producción de cataratas
Con sólo volverme a aplicar mi filtro solar podré estar más tiempo al sol	Falso	Los filtros solares protegen sólo durante un tiempo específico, tras del cual es peligrosa cualquier nueva exposición al sol
Las personas de piel muy blanca y cabello rojo son especialmente sensibles a la radiación UV	Cierto	Las personas con esta particular combinación de tipo de piel y de cabello forman el grupo de población más sensible a la UV
El bronceado te protege frente a posibles quemaduras futuras	Falso	Un bronceado es ya una reacción a las exposiciones a la UV y protegerá sólo parcialmente tu piel

<u>Cierto o falso</u>	<u>Respuesta</u>	<u>Explicación</u>
En invierno y primavera el sol es menos peligroso	Falso	La intensidad de la UV depende también de la latitud, de la altitud y de la reflexión del suelo como en el caso de la nieve
Debe protegerse especialmente a los niños	Cierto	Debido a la alta sensibilidad de su piel y a los efectos acumulativos de las quemaduras
Cuanto más bronceada esté tu piel estarás más atractivo	Falso	Esta actitud social es cambiante - hace un siglo se era más atractivo cuanto más pálido se estaba
Debe tenerse en cuenta la reflexión de la radiación UV en la arena y el agua	Cierto	Tienen igual importancia respecto a las exposiciones a la UV, los rayos directos del sol, la radiación difusa y la reflejada por el suelo
Es necesario tomar el sol ya que la vitamina D la produce la radiación UV	Falso	El tiempo de exposición necesario para la producción de vitamina D es tan corto, que siempre la obtendrás sin baños de sol
Cuanto más corta sea tu sombra, serán más peligrosas las quemaduras del sol	Cierto	Cuanto más corta sea tu sombra, mayor será la elevación solar y más intensa la radiación UV
Mientras que te encuentres en el agua no llegarás a quemarte	Falso	Aunque el agua atenúa la radiación UV, puedes llegar a quemarte fácilmente cuando estás nadando
Cuanta mayor sea la altitud de un lugar más quemará el sol tu piel	Cierto	Cuanta mayor es la altitud, es menor la atenuación de la radiación UV debida a la atmósfera
No es importante que cambies tus hábitos en relación con el sol	Falso	El primer paso para conseguir una protección activa frente a las exposiciones a la UV, es un cambio en tus hábitos personales
La más barata y la mejor protección frente al sol es la sombra	Cierto	La sombra te protege de los rayos directos. Sin embargo, debes seguirte protegiendo de frente a la radiación difusa

## APÉNDICE B

### Listado de publicaciones con relación al Índice UV del proyecto europeo COST-713, en que se basa el presente Manual

- International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection, Global Solar UV-Index - WHO/WMO/INCIRP recommendation, INCIRP publication No.1/95, Oberschleissheim, 1995.
- Koepke, P., A. Bais, D. Balis, M. Buchwitz, H. De Backer, X. de Cabo, P. Eckert, P. Eriksen, D. Gillotay, A. Heikkilä, T. Koskela, B. Lapeta, Z. Litynska, J. Lorente, B. Mayer, A. Renaud, A. Ruggaber, G. Schauburger, G. Seckmeyer, P. Seifert, A. Schmalwieser, H. Schwander, K. Vanicek and M. Weber, (1998): Comparison of models used for UV Index calculations, Photochemistry and Photobiology 67 (6) 657-662.
- WMO, Report of the WMO Meeting of Experts on UV-B Measurements, Data Quality and Standardization of UV Indices (Les Diablerets, 25-28 July, 1994). GAW, Report No.95, Geneva, 1995.
- WMO, Report of the WMO-WHO Meeting of Experts on Standardization of UV Indices and their Dissemination to the Public (Les Diablerets, 21-24 July, 1997). GAW, Report No.127, Geneva, 1998.
- WMO, Scientific Assessment of Ozone Depletion: 1998, Global Ozone Research and Monitoring Project – Rep. No. 44, Geneva 1998.

## APÉNDICE C

### LA CAPA DE OZONO

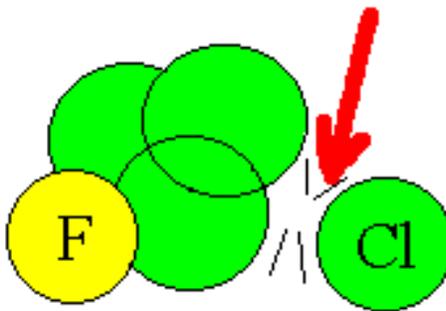
La capa de ozono se localiza en la estratosfera, aproximadamente de 15 a 50 Km sobre la superficie del planeta. El ozono es un compuesto inestable de tres átomos de oxígeno, el cual actúa como un potente filtro solar evitando el paso de una pequeña parte de la radiación ultravioleta (UV) llamada B que se extiende desde los 280 hasta los 320 nanómetros (nm). La radiación UV-B puede producir daño en los seres vivos, dependiendo de su intensidad y tiempo de exposición; estos daños pueden abarcar desde eritemas a la piel, conjuntivitis y deterioro en

el sistema de defensas, hasta llegar a afectar el crecimiento de las plantas y dañando el fitoplancton, con las posteriores consecuencias que esto ocasiona para el normal desarrollo de la fauna marina.

Hoy se ha demostrado que la aparición del agujero de ozono, a comienzos de la primavera austral, sobre la Antártica está relacionado con la fotoquímica de los **Clorofluorocarbonos**(CFCs), componentes químicos presentes en diversos productos comerciales como el freón, aerosoles, pinturas, etc.

## DESTRUCCIÓN DE LA CAPA DE OZONO

La forma por la cual se destruye el ozono es bastante sencilla. La radiación UV arranca el cloro de una molécula de clorofluorocarbono (CFC). Este átomo de cloro, al combinarse con una molécula de ozono la destruye, para luego combinarse con otras moléculas de ozono y eliminarlas. El proceso es altamente dañino, ya que en promedio un átomo de cloro es capaz de destruir hasta 100.000 moléculas de ozono. Este proceso se detiene finalmente cuando este átomo de cloro se mezcla con algún compuesto químico que lo neutraliza.



1) Un rayo UV libera un cloro de la molécula de CFC

## IMPACTO DE LA RADIACIÓN UV-B SOBRE LAS PERSONAS

El incremento de la radiación UV-B:

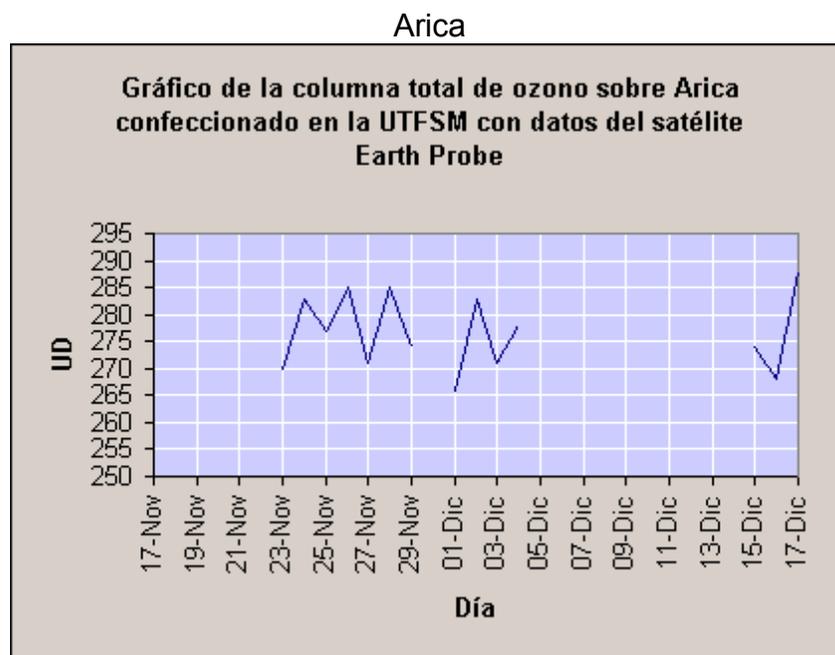
- Inicia y promueve el cáncer a la piel maligno y no maligno.
- Daña el sistema inmunológico, exponiendo a la persona a la acción de varias bacterias y virus.

- Provoca daño a los ojos, incluyendo cataratas.
- Hace más severas las quemaduras del sol y avejentan la piel.
- Aumenta el riesgo de dermatitis alérgica y tóxica.
- Activa ciertas enfermedades por bacterias y virus.
- Aumentan los costos de salud.
- Impacta principalmente a la población indígena.
- Reduce el rendimiento de las cosechas.
- Reduce el rendimiento de la industria pesquera.
- Daña materiales y equipamiento que están al aire libre.

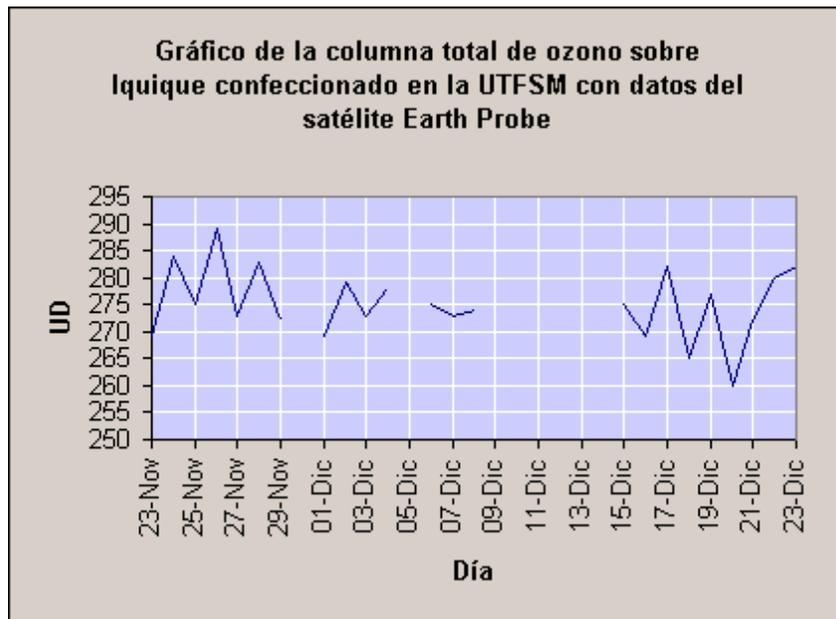
Referencias sobre el impacto de la radiación: Green Peace

## MEDICIONES DE LA COLUMNA DE OZONO EN CHILE

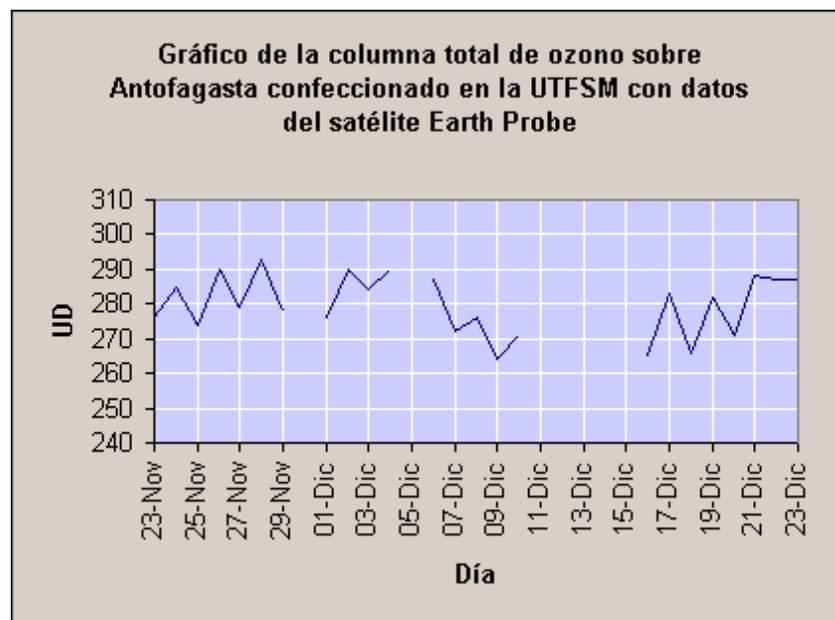
### Columna de ozono medida por UTFSM(2001)



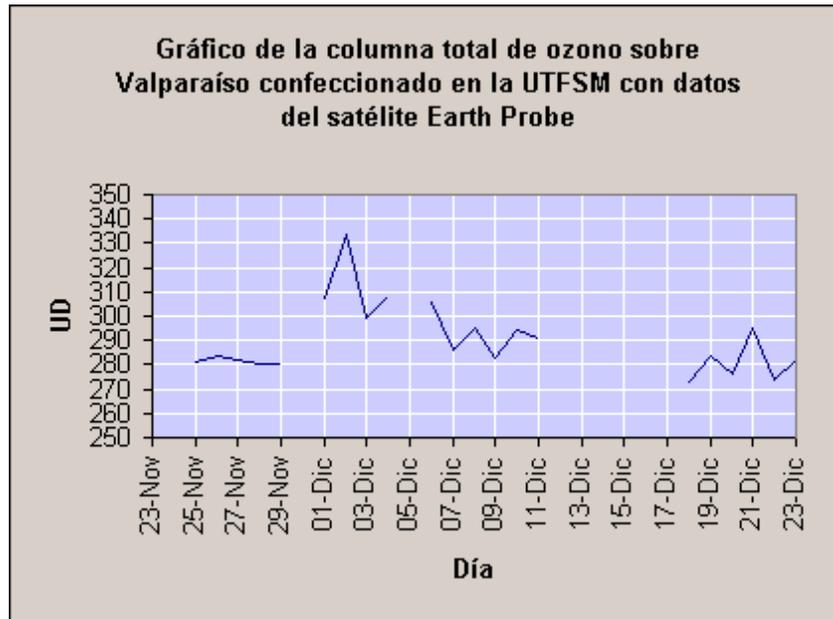
## Iquique



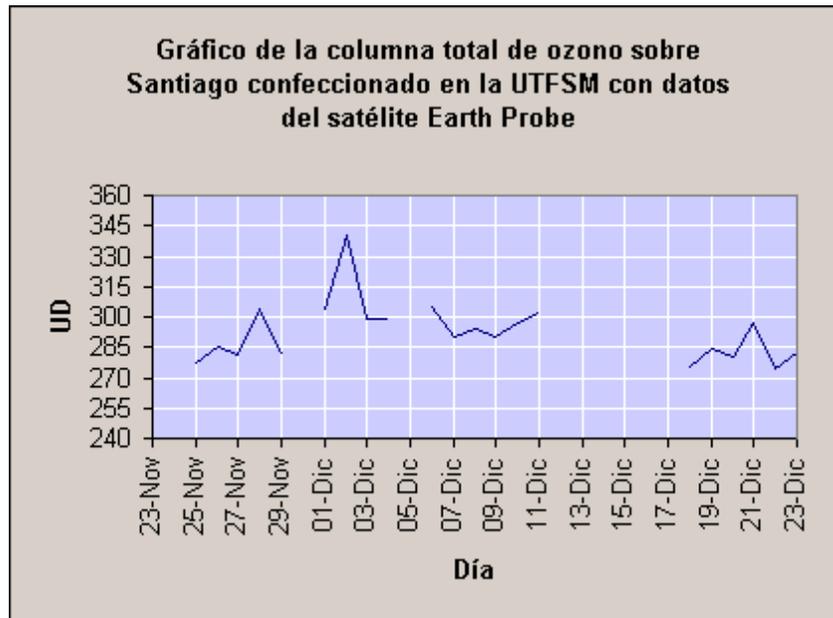
## Antofagasta



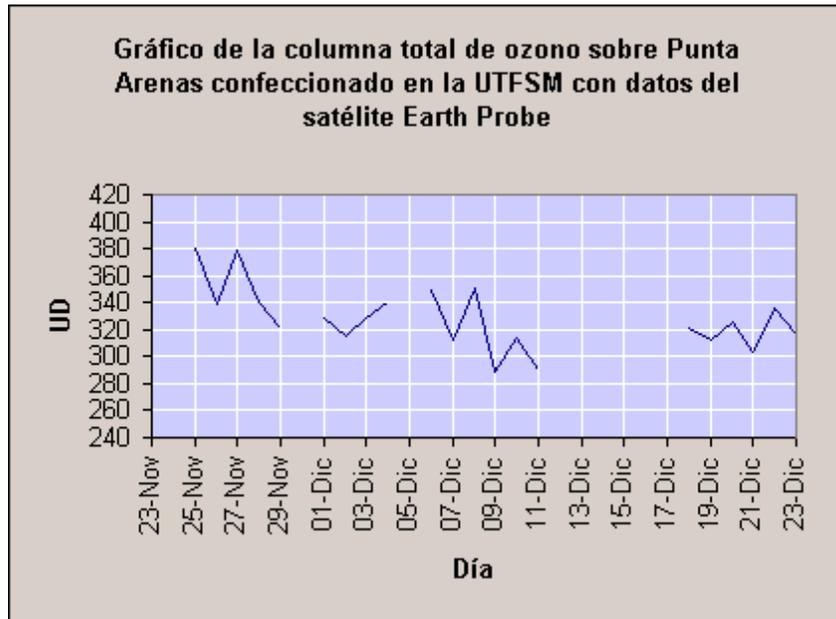
## Valparaíso



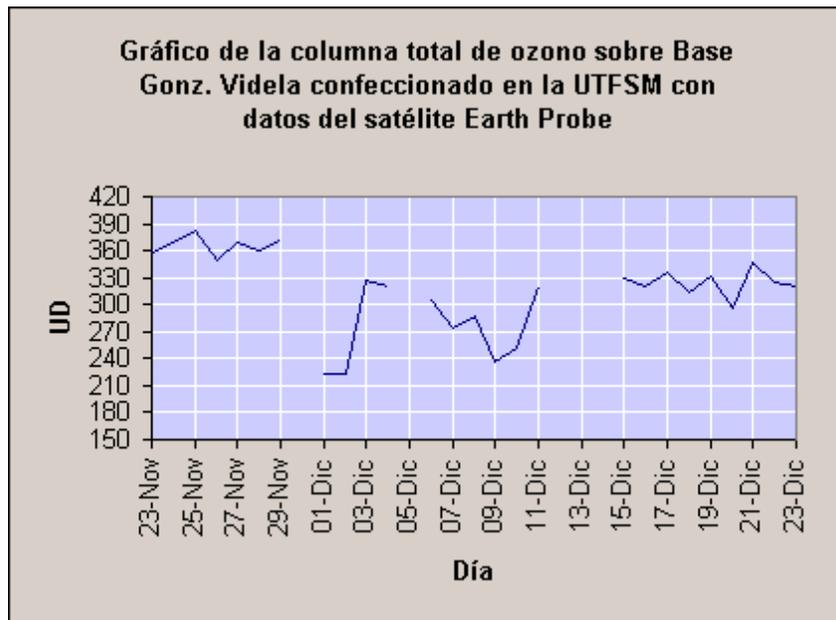
## Santiago



## Punta Arenas



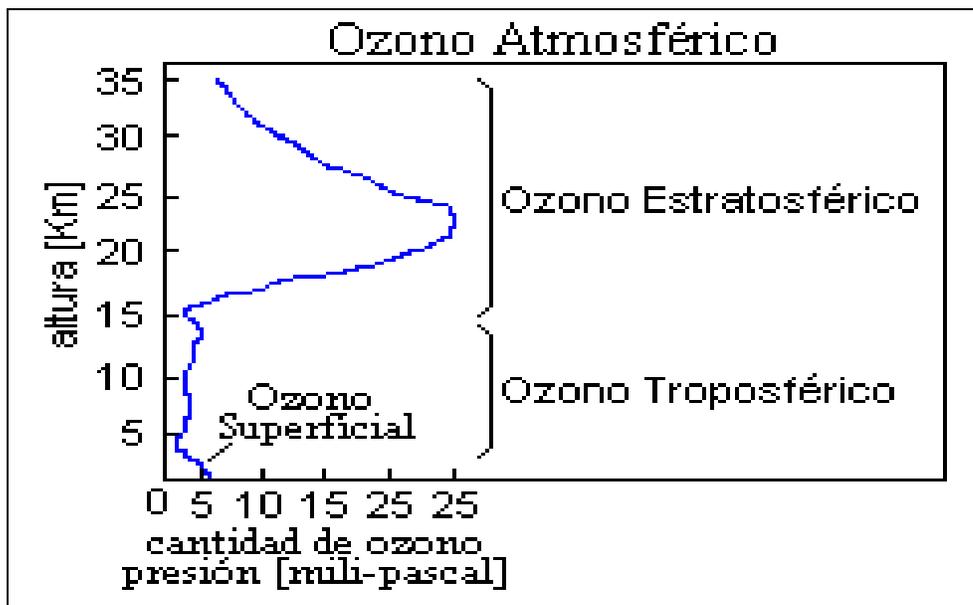
## B.González Videla



## UBICACIÓN DE LA CAPA DE OZONO

El ozono se encuentra mayoritariamente entre 10 y 50 kilómetros de altura, en la estratosfera. Esta capa es conocida como la *capa de ozono*. Este ozono de alta altura es muy beneficioso, ya que absorbe la radiación UV. Sin la existencia de esta capa la vida fuera de los océanos sería prácticamente imposible. Pero también se encuentra ozono en menor medida entre la superficie terrestre y los 10 kilómetros de altura. Este ozono es el llamado ozono de nivel de suelo, en tanto, no cumple ningún papel beneficioso. Más aún, debido a ser muy tóxico es un grave problema para las grandes urbes que lo producen. Un lamentable ejemplo de esto es Santiago de Chile.

La siguiente figura muestra la distribución de ozono v/s altura:



Se aprecia el ozono superficial (ozono smog) y la gran capa sobre los 15 Km. que nos protege de la radiación UV.

*Fuente:* World Meteorological Organization, Scientific Assessment of Ozone Depletion: 1994, WMO Global Ozone Research and Monitoring Project - Report No. 37, Geneva, 1995.

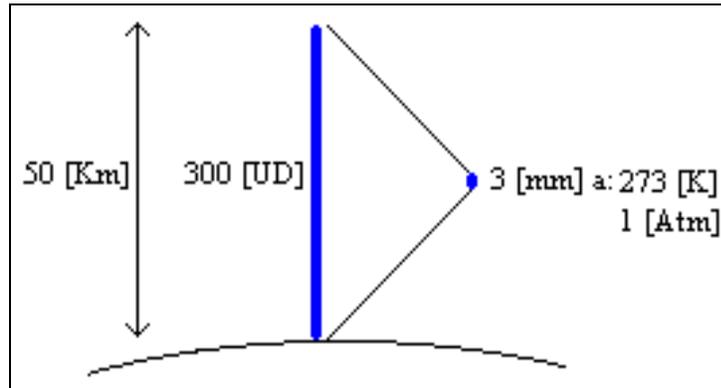
## MEDICION DE LA CAPA DE OZONO

El ozono es un gas muy fundamental, pero también extremadamente raro en la atmósfera, ya que existe una relación de 3 moléculas de ozono por cada 10 millones de moléculas de aire.

Este gas se mide en *Unidades Dobson*. Mil Unidades Dobson equivalen a una columna uniforme de ozono de un centímetro de espesor en condiciones normales de presión (1atm o nivel del mar) y temperatura (273 °K o cero grados Celsius).

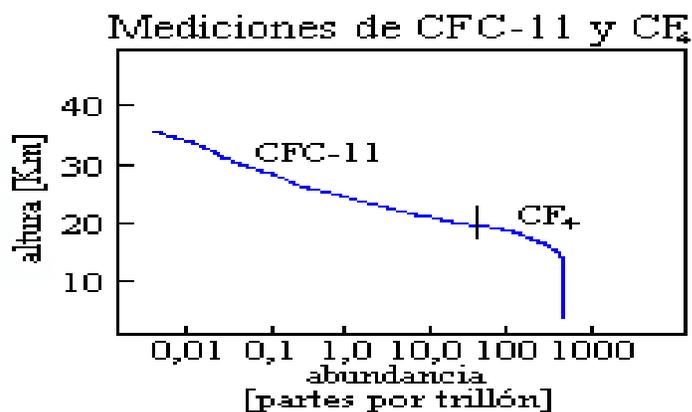
Hay que precisar que siempre hay que tener en cuenta la época y el lugar para decidir si los niveles de ozono que se están midiendo corresponden a niveles altos o bajos. La capa de ozono varía según época y lugar geográfico en que uno se encuentra.

A modo de ejemplo se ilustran 300 [UD] que equivalen a 3 milímetros:



Aunque las moléculas de CFC son varias veces más pesadas que el aire, miles de mediciones hechas mediante globos, aviones y satélites han demostrado que los CFCs se encuentran en la atmósfera hoy en día. Hay que considerar que la atmósfera no está quieta, sino que los vientos la revuelven constantemente antes que las partículas pesadas puedan "decanar" y llegar a la superficie. Particularmente los CFCs que son insolubles en el agua y muy estables en la baja atmósfera (debajo de los 10 Km.) llegan a la alta atmósfera en donde se encuentra el ozono.

El siguiente gráfico muestra las mediciones de CFC-11 y CF<sub>4</sub> v/s altura:



*Fuente:* World Meteorological Organization, Scientific Assessment of Ozone Depletion: 1994, WMO Global Ozone Research and Monitoring Project - Report No. 37, Geneva, 1995.

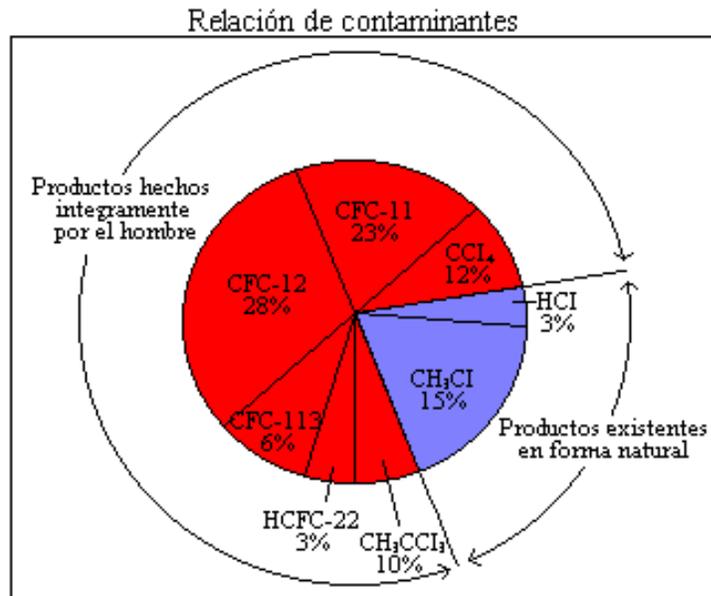
## CAUSA DE LOS CONTAMINANTES QUE DESTRUYEN LA CAPA DE OZONO

La pregunta más específica aquí es si el cloro en la estratósfera proviene mayoritariamente por acción del hombre o la naturaleza.

Existen muchos compuestos naturales sobre la superficie terrestre que contienen cloro, pero ellos son solubles en agua, por lo que no pueden alcanzar la estratosfera. Grandes cantidades de cloro (en forma de cloruro de sodio) son evaporadas de los océanos, pero son solubles en agua por lo que son atrapados por las nubes y vuelven a bajar en gotas de agua, nieve o hielo. Otra fuente de cloro es el de las piscinas, pero este cloro también es soluble en agua. El cloruro de hidrógeno, producto de las erupciones volcánicas es un claro ejemplo de un contaminante natural, pero este cloro es convertido en ácido clorhídrico, el cual es soluble en agua por lo que no alcanza la estratosfera.

En cambio, halocarbonos hechos por el hombre, como los CFCs, tetracloruro de carbono ( $\text{CCl}_4$ ) y metil cloroformo ( $\text{CH}_2\text{CCl}_3$ ) no son solubles en el agua, por lo que no caen con la lluvia o nieve y alcanzan la estratosfera.

El siguiente gráfico muestra la relación de las fuentes esenciales de cloro en la estratosfera:



*Fuente:* World Meteorological Organization, Scientific Assessment of Ozone Depletion: 1994, WMO Global Ozone Research and Monitoring Project - Report No. 37, Geneva, 1995.

## **AUMENTO DE LA RADIACIÓN UV CON LA DISMINUCIÓN DE OZONO**

El sol emite una gran cantidad de energía y un 2% corresponde a la radiación ultravioleta (UV). Una banda específica (la UV-B) es causante de quemaduras, cáncer a la piel, y daños a los ojos. La cantidad de radiación UV que llega a la superficie de la tierra en un lugar dado depende de la posición del sol, la cantidad de ozono y las posibles nubes y polución que se encuentre en el lugar. Científicos concuerdan en que en ausencia de polución y nubes, *el decrecimiento de ozono aumenta la radiación ultravioleta*. Las mayores bajas en el ozono observadas sobre el continente Antártico, especialmente en septiembre y octubre han servido como evidencia de la relación entre radiación UV y los niveles de ozono. Además durante los últimos años se han realizado mediciones simultáneas de UV y ozono, lo que ha demostrado fehacientemente tal relación.

*Fuente:* World Meteorological Organization, Scientific Assessment of Ozone Depletion: 1994, WMO Global Ozone Research and Monitoring Project - Report No. 37, Geneva, 1995.

## **PRIMEROS DESCUBRIMIENTOS DEL AGUJERO DE OZONO**

Los primeros datos sobre el comienzo de un deterioro de la capa de ozono se remontan al año 1982, cuando los valores sobre la columna de ozono obtenidos por la estación japonesa *Syowa* en la Antártica (69S, 39E) se dan a conocer. Los niveles de la columna de ozono registrados desde el año 1964 indicaban que a partir del año 1975 esta presentaba un claro deterioro. Resultados similares se publicaron posteriormente en otras estaciones ubicadas en el continente Antártico, coincidiendo en todas ellas que el deterioro comenzó en la década de los 70. Este daño de la capa de ozono registrado en la Antártica aparecía en todas las estaciones al comienzo de la primavera Austral y tenía en aquellos años una corta duración y una rápida recuperación. Todo esto llevó a una alarma en la comunidad mundial, pues sus consecuencias, de no frenarse el proceso, podían ser de un alcance importante.

Años después de la publicación del deterioro de la capa de ozono sobre el continente Antártico, tuvo lugar un hecho fundamental para el entendimiento posterior del fenómeno denominado Agujero de Ozono. El científico inglés *J. Lovelock* tenía el proyecto de investigar la dinámica de la alta atmósfera, para lo cual buscó compuestos químicos que fueran enviados periódicamente a la atmósfera y que tuvieran una larga vida antes de descomponerse. Siguiendo la pista de estos elementos podría conocerse cuáles eran las corrientes que los llevaron del lugar de uso hasta el punto de destino. Había entonces que elegir esos compuestos que servirían de marcadores, tenían que ser consumidos en cierta cantidad y tener una larga vida, para así poder ser seguidos durante su posible largo recorrido. *Lovelock* encontró sus marcadores ideales en los *Clorofluorocarbonos* (CFCs), compuestos sintéticos sobre los años 20 y que eran, y son hoy en día, utilizados en aplicaciones muy comunes como pulverizadores y disolventes, así como por las industrias del frío y de los aislantes térmicos. Con sorpresa encontró,

siguiendo la huella de estos compuestos una inesperada y alta concentración de los mismos en el continente Antártico.

La alta estabilidad de los compuestos CFCs aseguraba en principio un papel inofensivo de los mismos, por ello se han ocupado en tantas aplicaciones. Sin embargo en 1972 **Molina** y **Rowland** llamaron la atención de que el desprendimiento de cloro de estos compuestos al ser expuestos a la radiación UV, producía una destrucción del ozono.

## **ESTUDIO DEL AGUJERO DE OZONO EN CHILE**

El agujero de ozono sobre el continente antártico se considera como uno de los problemas ambientales más graves al que nos enfrentamos en este momento. El daño de la capa de ozono fue detectado hace dos décadas; desde entonces, se han hecho estudios sistemáticos utilizando distintos métodos: satélites, ozono-sondas y estaciones terrestres.

La problemática del ozono ha conducido a un trabajo de investigación, iniciado en 1991 por investigadores chilenos conjuntamente a investigadores españoles y argentinos. Dicha investigación, aún en progreso, se puede observar en la pagina web de la UTFSM (<http://www.ozono.utfsm.cl/>) en donde se presentan datos sobre el ozono total sobre Chile y Argentina entre las latitudes 53S y 18S . Esta información se enriquece mediante tablas y fotos satelitales. También se incluyen análisis y conclusiones del trabajo realizado hasta el momento.

**APÉNDICE D**  
**LISTA DE PAGINAS WEB CON INFORMACIÓN UV**

<b>Alemania</b>	<a href="http://www.dwd.de/services/gfm/uv_index/">www.dwd.de/services/gfm/uv_index/</a>
	<a href="http://www.bfs.de/uvi/index.htm">www.bfs.de/uvi/index.htm</a>
<b>Austria</b>	<a href="http://www.med-physik.vu-wien.ac.at/uv/uv_online.htm">www.med-physik.vu-wien.ac.at/uv/uv_online.htm</a>
<b>Bélgica</b>	<a href="http://www.meteo.oma.be/IRM-KMI/ozone/uvindex.html">www.meteo.oma.be/IRM-KMI/ozone/uvindex.html</a>
<b>Dinamarca</b>	<a href="http://www.dmi.dk/f+u/">www.dmi.dk/f+u/</a>
<b>España</b>	<a href="http://www.inm.es/web/infmet/predi/ulvip.html">www.inm.es/web/infmet/predi/ulvip.html</a>
	<a href="http://www.inm.es/uvi">www.inm.es/uvi</a>
	<a href="http://uvifan.scai.uma.es/index2.htm">uvifan.scai.uma.es/index2.htm</a>
<b>Finlandia</b>	<a href="http://www.ozone.fmi.fi/o3group/o3home.html">www.ozone.fmi.fi/o3group/o3home.html</a>
<b>Francia</b>	<a href="http://www.securite-solaire.org">www.securite-solaire.org</a>
<b>Grecia</b>	<a href="http://www.lap.physics.auth.gr/uvindex/">www.lap.physics.auth.gr/uvindex/</a>
<b>Italia</b>	<a href="http://www.lamma.rete.toscana.it/eng/uv/uvnew0eng.html">www.lamma.rete.toscana.it/eng/uv/uvnew0eng.html</a>
<b>Polonia</b>	<a href="http://www.imgw.pl">www.imgw.pl</a>
<b>Portugal</b>	<a href="http://www.meteo.pt/uv/uvindex.htm">www.meteo.pt/uv/uvindex.htm</a>
<b>República Checa</b>	<a href="http://www.chmi.cz/meteo/ozon/o3uvb-e.html">www.chmi.cz/meteo/ozon/o3uvb-e.html</a>
<b>Suiza</b>	<a href="http://www.admin.ch/bag/strahlen/nichtion/uv/d/index.htm">www.admin.ch/bag/strahlen/nichtion/uv/d/index.htm</a>
	<a href="http://www.admin.ch/bag/strahlen/nichtion/uv/f/index.htm">www.admin.ch/bag/strahlen/nichtion/uv/f/index.htm</a>

OTROS

<b>Argentina</b>	<a href="http://www.conae.gov.ar/caratula.html">www.conae.gov.ar/caratula.html</a>
<b>Australia</b>	<a href="http://www.bom.gov.au/info/about_uv_b.shtml">www.bom.gov.au/info/about_uv_b.shtml</a>
<b>Canadá</b>	<a href="http://www.weather.ec.gc.ca/text/fpcn48.wao.htm">www.weather.ec.gc.ca/text/fpcn48.wao.htm</a>
<b>Francia</b>	<a href="http://www.club-internet.fr/securite-solaire/">www.club-internet.fr/securite-solaire/</a>
<b>Japón</b>	<a href="http://www.shiseido.co.jp/e/e9708uvi/html">www.shiseido.co.jp/e/e9708uvi/html</a>
<b>Nueva Zelanda</b>	<a href="http://www.niwa.cri.nz/lauder/homepage.htm">www.niwa.cri.nz/lauder/homepage.htm</a>
<b>Suecia</b>	<a href="http://www.smhi.se/egmain/index.htm">www.smhi.se/egmain/index.htm</a>
<b>Taiwan</b>	<a href="http://www.envi.org.tw/Foundation6/English/home.html">www.envi.org.tw/Foundation6/English/home.html</a>
<b>USA</b>	<a href="http://nic.fb4.noaa.gov/products/stratosphere/uv_index/index.html">nic.fb4.noaa.gov/products/stratosphere/uv_index/index.html</a>
	<a href="http://www.times-union.com/weather/">www.times-union.com/weather/</a>
	<a href="http://weathercenter.com/updates/tampcast.htm">weathercenter.com/updates/tampcast.htm</a>

PROYECTOS

<b>COST-713</b>	<a href="http://www.lamma.rete.toscana.it/uvweb/">www.lamma.rete.toscana.it/uvweb/</a>
<b>SUVDAMA</b>	<a href="http://www.ozone.fmi.fi/SUVDAMA/">www.ozone.fmi.fi/SUVDAMA/</a>
<b>WMO-WOUDC</b>	<a href="http://www.tor.ec.gc.ca/woudc/woudc.html">www.tor.ec.gc.ca/woudc/woudc.html</a>
<b>WMO-UVB SC</b>	<a href="http://www.srrb.noaa.gov/UV/">www.srrb.noaa.gov/UV/</a>

## **AGRADECIMIENTOS**

Este trabajo de tesis fue posible, gracias a la cooperación, consejos y ayuda de varias personas, por lo agradecemos:

A La Doctora Sara Aguilera, decano de la facultad de Ciencias de la Universidad Católica del Norte, por facilitarnos los equipos de medición de los espectros de radiación UV-B.

Al Dr Miguel Murphy Profesor del Departamento de Física de dicha Universidad, por cooperarnos en la realización de las Mediciones de los espectros para los distintos materiales.

A la Optica Alemana por facilitarnos muestras de lentes organicos

A la Optica Petri por facilitarnos muestras de lentes mineral

Al Dr. Ernesto Gramsch L., Profesor del Departamento de Física de la Universidad de Santiago, por facilitar el archivo de datos del Índice UV medidos en algunas ciudades de Chile.

A la Sra Dorita Bolbaran de la Corporación Nacional del Cancer de Antofagasta por facilitar las gestiones para obtener los datos de Antofagasta