

## **EVALUACION Y PRONOSTICO DE LA RADIACION ULTRAVIOLETA – B EN LAS CIUDADES DE LIMA, AREQUIPA, CAJAMARCA Y PUNO SETIEMBRE – OCTUBRE 2006**

**Responsables Ing. Orlando Ccora  
Tco. Arturo Echeandia**

### **INTRODUCCION**

La radiación ultravioleta es una variable ambiental que en los últimos años ha cobrado vigencia debido a los efectos que ella conlleva como consecuencia de la alta contaminación atmosférica que se emiten los cuales vienen alterando el sistema climático destruyendo la capa de ozono que nos protege de esta. Los mayores niveles de radiación ultravioleta se registran en ciudades que están ubicadas a mayor altitud. Estudios realizados en diferentes países mencionan sobre los efectos que conllevan a una alta incidencia de los rayos solares causando daños cutáneos visibles (cáncer de piel) e invisibles (aceleración del envejecimiento cutáneo, etc) así como daños oculares.

En relación a ello, el SENAMHI a través de la Dirección General de Investigación y Asuntos Ambientales viene monitoreando el comportamiento temporal de la radiación ultravioleta-B en las ciudades de Lima, Arequipa, Puno y Cajamarca a fin de pronosticar los índices IUV, los cuales son difundidos a la población con la finalidad de promover en ellos una adecuada exposición al sol a fin de minimizar sus efectos dañinos.

### **II. GENERALIDADES**

La radiación solar es un importante factor natural porque moldea el clima de la tierra y tiene una influencia significativa sobre el medio ambiente. La componente ultravioleta del espectro solar (UV) juega un papel muy importante en varios procesos de la biósfera. Tiene varios efectos beneficiosos pero también puede ser muy dañina si se exceden ciertos límites de seguridad; si la cantidad de radiación ultravioleta UV es elevada se agotan los mecanismos de autoprotección de algunas especies biológicas y sus organismos pueden resultar seriamente dañados, esto también afecta al organismo humano, en particular a la piel y a los ojos. Para evitar el daño producido por las elevadas exposiciones al UV, tanto agudo como crónico, las personas deben limitar su exposición a la radiación solar utilizando medidas protectoras.

Todas las personas, independientemente de su raza o etnia, son susceptibles a los efectos nocivos de la excesiva exposición al sol. Las personas con piel oscura tienen una mayor protección natural contra la quemadura solar que las de piel clara pero son igualmente sensibles a los efectos nocivos de la sobreexposición solar, incluido el cáncer de piel.

#### **2.1 CLASIFICACION DE LA RADIACION ULTRAVIOLETA**

La radiación ultravioleta se divide en 3 subregiones según la longitud de onda medida en nanómetros (nm), el cual equivale a un millonésimo de milímetro. Cuanto más corta sea la longitud de onda, mayor energía tendrá la radiación.

Estas subregiones de radiación UV (\*) son:

- UV-A, entre 320 y 400 nm. Es la menos nociva y la que llega en mayor cantidad a la tierra. Casi todos los rayos UV-A pasan a través de la capa de ozono. Atraviesan la capa córnea, la epidermis y llegan hasta la dermis.
- UV-B, entre 280 y 320 nm. Puede ser muy nociva. La capa de ozono absorbe la mayor parte de los rayos UV-B provenientes del sol. Sin embargo, el actual deterioro de la capa de ozono aumenta la amenaza de este tipo de radiación. Atraviesan la piel en su capa externa o capa córnea, llegando hasta la epidermis.
- UV-C, entre 200 y 280 nm. Es la más nociva debido a su gran energía. Afortunadamente, el oxígeno y el ozono de la estratosfera absorben todos estos rayos UV-C. Por lo general no llega a la superficie terrestre, pero hay lugares del planeta, donde a consecuencia de la contaminación, esta protección natural ya no ofrece garantías.

## 2.2 INDICE DE RADIACION ULTRAVIOLETA (IUV)

La necesidad de proporcionar al público una información de fácil comprensión sobre el UV y sus posibles efectos perjudiciales, ha llevado a los científicos a definir un parámetro que pueda utilizarse como un indicador de las exposiciones a la radiación UV. Este parámetro se denomina Índice UV y está relacionado con los bien conocidos efectos eritemáticos de la radiación solar UV sobre la piel humana, ha sido definido y normalizado bajo la supervisión de diversas instituciones internacionales tales como la OMM, OMS y UNEP.

El Índice UV (IUV) aparece ya en muchos informes y predicciones meteorológicas operacionales. En Europa por ejemplo, hay más de una docena de centros de predicción que difunden valores estimados del IUV para sus países o áreas regionales.

La siguiente escala presenta los valores del Índice UV, los cuales han sido reajustados de acuerdo a la información proveniente de los lugares de medición y se definen en una escala de 0 a 14+ y el nivel de riesgo correspondiente. El nivel de riesgo tiene que ver con la cantidad de radiación ultravioleta que se recibe en la superficie de la tierra. Esta radiación ha sido dividida en seis niveles de riesgo (Mínimo, Bajo, Moderado, Alto, Muy Alto y Extremo) de acuerdo con recomendaciones efectuadas por las instituciones dermatológicas.

Valor del Índice	Nivel de Riesgo
1 – 2	Mínimo
3 – 5	Bajo
6 – 8	Moderado
9 – 11	Alto
12-14	Muy Alto
14+	Extremo

### 2.3 MINIMA DOSIS DE ERITEMA (MED'S)

La Dosis Eritemática Mínima, denominada MED, es la energía media del sol, dentro del espectro UV-B que empieza a producir enrojecimiento de la piel si no cuenta con protección.

### 2.4 TIPOS DE PIEL

La piel del ser humano se divide en seis tipos según la intensidad de su pigmentación. Dependiendo del valor del Índice UV y de nuestro tipo de piel, la luz solar tardará mas o menos tiempo en dañar la piel de forma aguda provocando su enrojecimiento (quemadura).

A continuación se presenta una tabla con los tipos de piel y su respuesta a la exposición solar.

Tipos de Piel	Descripción	Respuesta a la Exposición Solar
I	Piel blanca con pecas.	Siempre se quema fácilmente. Nunca se broncea
II	Piel blanca	Siempre se quema fácilmente. Puede broncearse pero mínimamente
III	Trigueño Claro	Puede quemarse, pero será moderada. Puede broncearse gradualmente
IV	Trigueño	Puede quemarse, pero será mínima. Siempre se broncea.
V	Morenos	Muy rara vez se queman. Se broncea muy fácil.
VI	Negros	Nunca se quema. Se broncea profundamente.

FUENTE: Universidad Santiago de Compostela-España/Grupo de Física Non Lineal  
Disponible en <http://meteo.usc.es/castellano/informacion>

### 2.5 INDICES UV-B CALCULADOS CON SUS RESPECTIVOS TIEMPOS DE EXPOSICION A LOS RAYOS SOLARES SEGÚN TIPO DE PIEL

Indice UV	Piel I y II	Piel III y IV	Piel V y VI
<b>1</b> <b>2</b> <b>MINIMO</b>	MED > 1 hora	MED > 2 horas	MED > 2 horas
<b>3</b> <b>4</b> <b>5</b> <b>BAJO</b>	MED 40 min	MED > 1 hora	MED > 1 hora
<b>6</b> <b>7</b> <b>8</b> <b>MODERADO</b>	MED 25 min	MED 40 min	MED 50 min
<b>9</b> <b>10</b> <b>11</b> <b>ALTO</b>	MED 15-20 min	MED 25-30 min	MED 35-40 min
<b>12-14</b> <b>MUY ALTO</b>	MED 10-15 min	MED 15-20 min	MED 20-30 min
<b>14+</b> <b>EXTREMO</b>	MED < 10min	MED < 15 min	MED < 20 min

Quemadura solar: Tiempo requerido para quemarse sin protección (MED).

## 2.6 CALCULO DEL INDICE UV (IUV)

Para el cálculo del IUV se ha utilizado la información proveniente de los sensores de radiación ultravioleta-B, UV-Biometer Solar Light Modelo 501, instalados en las ciudades de Lima, Arequipa, Cajamarca y Puno, a 112 , 2,450 , 2,536 y 3,837 m.s.n.m., respectivamente.

Asimismo se ha utilizado la información de la posición del sol en las diferentes épocas del año, la información de la concentración de ozono total para nuestras latitudes obtenido por un equipo denominado Espectrofotómetro Dobson, el cual se encuentra instalado en la Estación de Vigilancia Atmosférica Global de Marcapomacocha, ubicado en el distrito del mismo nombre, provincia de Yauli, departamento de Junín a una altitud de 4,479 metros sobre el nivel del mar, contrastado también por el sensor TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer) de la NASA (Administración Nacional de Aeronáutica y el Espacio) de los Estados Unidos y el tiempo solar verdadero hacia el mediodía solar (el cual no coincide exactamente con el mediodía convencional) para saber la hora de máxima radiación.

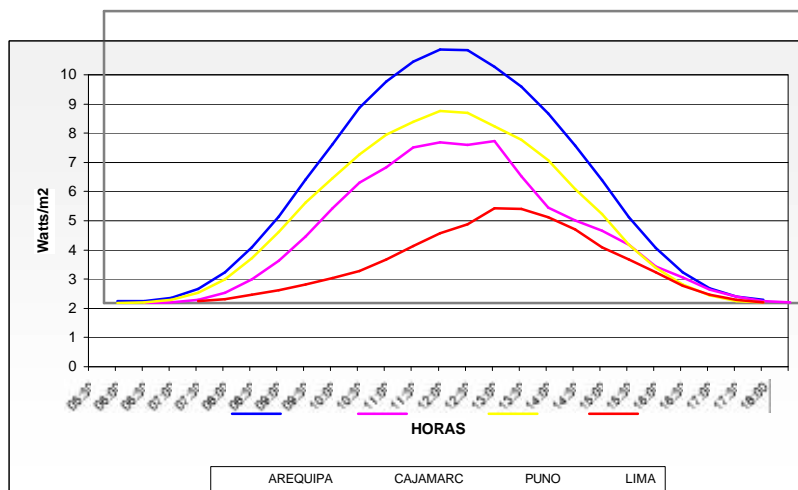
## III. RESULTADOS

### 3.1 VARIACION HORARIA DE LA RADIACION UV-B

En el gráfico N°1 se observa la distribución temporal de la radiación ultravioleta o irradiancia ponderada expresados en unidades de potencia ( $w/m^2$ ) para las ciudades de Arequipa, Cajamarca, Puno y Lima registrados durante el mes de setiembre del presente año.

Como es notorio, en las primeras y últimas horas del día las intensidades de radiación son mínimas, mientras que hacia mediodía los valores son máximos, debido a la posición del sol con respecto a la tierra el cual se encuentra en el zenit, con los rayos solares perpendiculares a la superficie donde se encuentran los equipos.

GRAFICO N°1 VARIACIÓN HORARIA DE LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA - B  
SETIEMBRE - 2006



Es preciso mencionar que entre las 10 de la mañana y las 2 de la tarde se recibe casi el 60% de toda la radiación incidente en la superficie de la tierra.

En la ciudad de Arequipa la irradiancia ponderada mas alta se registró a las 11:30 a.m. con un valor de  $8.7 \text{ w/m}^2$ , seguido de la ciudad de Puno con un valor de  $6.6 \text{ w/m}^2$  a la misma hora, mientras que en Cajamarca fue de  $5.5 \text{ w/m}^2$ . En la ciudad de Lima el valor mas alto registrado fue de  $3.2 \text{ w/m}^2$  a las 12:30 horas.

Cabe señalar que debido al inicio de la estación astronómica de primavera los niveles de radiación ultravioleta se irán incrementando paulatinamente.

Por otro lado la cobertura nubosa registrada en el mes de setiembre en Cajamarca fue con características de cielo nublado a cubierto no permitiendo en parte que los niveles de radiación UV sean altos.

En Arequipa y Puno la característica fue de cielo despejado durante el mes, mientras que Lima registró cielo cubierto con lloviznas en varios días, lo cual permitió que los valores de radiación ultravioleta sean bajos.

De otro análisis realizado, se puede apreciar que las ciudades que están a mayor altitud (sierra) son las que reciben mayor cantidad de radiación UV comparados con las de menor altitud (costa).

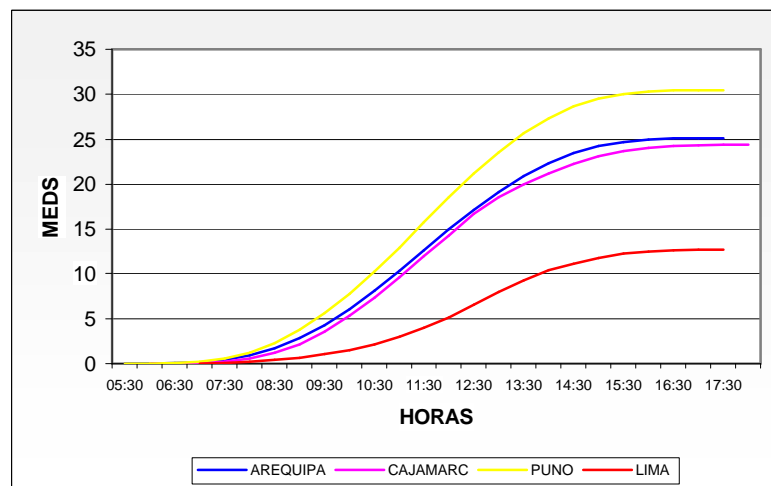
Uno de los factores que inciden en la mayor o menor recepción de radiación UV es la altitud, claro está que esto dependerá de las condiciones meteorológicas predominantes (humedad relativa, nubosidad), al mismo tiempo de las condiciones ambientales (ozono atmosférico, turbiedad).

### 3.2 IRRADIACION ACUMULADA (MED's)

En el gráfico N°2 se observa la irradiación acumulada promedio del mes expresados en MED's (Mínima Dosis de Eritema).

Cabe mencionar que el MED es la dosis efectiva de radiación UV que produce un enrojecimiento observable de la piel humana sin exposición previa.

GRAFICO N°2 IRRADIACION ACUMULADA PROMEDIO MENSUAL  
SETIEMBRE – 2006

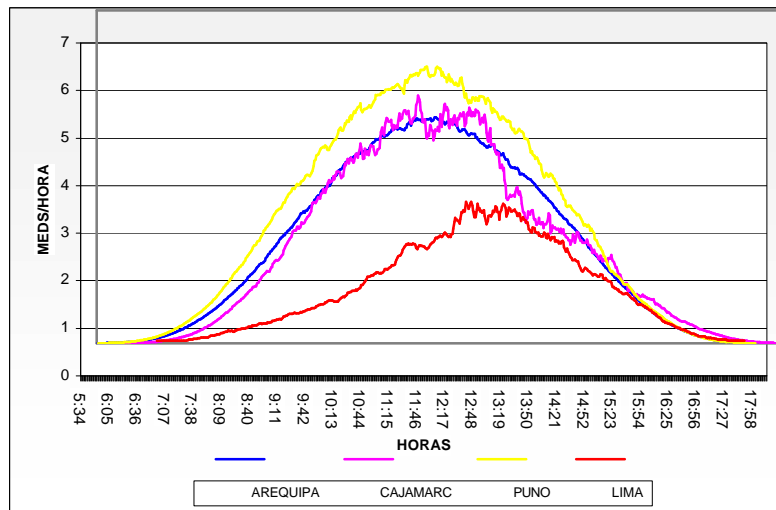


De la figura apreciamos que la ciudad de Puno registra mayores acumulados diarios alcanzando valores de 30 Meds en promedio, asimismo Arequipa registra un acumulado de 25 Meds seguido de Cajamarca con 24.3 Meds para finalmente terminar con la ciudad de Lima con 12.7 Meds.

El mayor valor acumulado en Puno se debe a que dicho lugar recibe en mayor tiempo la radiación UV el cual no implica que necesariamente tengan que ser los mas altos. Si una persona de piel blanca está sometida durante mucho tiempo a los rayos solares es altamente probable que sufra una merma en la salud, esto es, si la exposición se da en forma continua.

En la figura N°3 se observa la variación horaria de la irradiación, expresados en Meds/hora. Al igual que en el gráfico anterior se observa que en Puno se registran mayores dosis de radiación UV por hora en relación a otras ciudades en estudio.

GRAFICO N°3 IRRADIACION PROMEDIO MENSUAL



Los mayores valores alcanzaron 5.8 Meds/hora seguidos de las ciudades de Cajamarca y Arequipa. Se observa que ligeramente los valores de Cajamarca son mayores a los de Arequipa en el periodo de tiempo entre las 10 de la mañana y 2 de la tarde. La variabilidad de las curvas en el gráfico están afectadas por los tipos y la cantidad de cobertura nubosa presente en el día.

### 3.4. INDICES DE RADIACION ULTRAVIOLETA (IUV)

En el gráfico adjunto se observan los índices promedio de radiación UV calculados en el mes de setiembre para los lugares anteriormente referenciados.

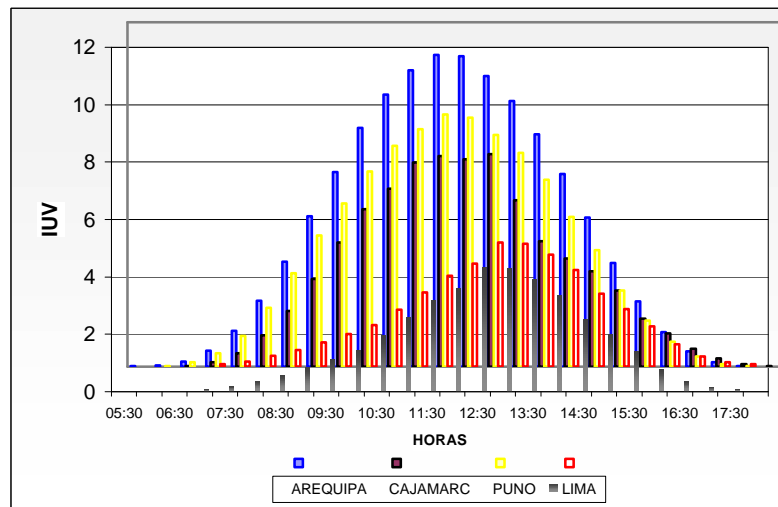
El Índice IUV es un parámetro que puede utilizarse como un indicador de las exposiciones a la radiación UV y está relacionado con los conocidos efectos eritemáticos de la radiación solar ultravioleta sobre la piel humana.

Tal como se aprecia en el gráfico, los mayores índices se registraron en la ciudad de Arequipa con valores de 10 al mediodía, considerado para las personas como un nivel de riesgo alto.

Por otro lado en la ciudad de Puno se registró un índice IUV de 8 cercano al mediodía (11:30 a.m.) con un nivel de riesgo Moderado. Finalmente en la ciudad de Lima debido a la alta persistencia de nubosidad baja y de gran textura, los índices IUV registrados fueron de 4 a las 12:30 horas considerado con un nivel de riesgo Bajo.

Ante estos resultados una persona de piel blanca pudo haber tenido mayores problemas en la salud si hubiese estado en Arequipa, debido a los altos valores de índices IUV.

### **INDICES DE RADIACIÓN ULTRAVIOLETA – B MENSUAL PARA LIMA, AREQUIPA, CAJAMARCA Y PUNO SETIEMBRE 2006**



#### **IV. PRONOSTICO DEL INDICE IUV PARA EL MES DE OCTUBRE 2006**

##### **PARA LIMA**

Para el mes de Octubre, se pronostica que la intensidad de la radiación UV-B así como el índice IUV será mayor al mes de setiembre dado de que prevalecerán mejores condiciones meteorológicas hacia el mediodía, pero seguirán presentándose días con presencia de cielo cubierto con nubosidad baja del tipo estratiforme y en algunos días ocurrencia de algunas precipitaciones tipo lloviznas. Durante el mes de octubre se prevé un índice IUV al mediodía de 5 considerado para las personas, como un nivel de riesgo bajo.

##### **PARA AREQUIPA**

Para el mes de Octubre, dada las condiciones de cielo despejado en parte de los días del mes y a las concentraciones de ozono para el lugar de estudio, se pronostica un índice IUV de 11 considerado para las personas como un nivel de riesgo alto, por lo que no es conveniente que las personas especialmente las de piel blanca, se expongan por mucho tiempo a los rayos solares sin protector solar..

## PARA CAJAMARCA

Durante el mes de Setiembre, se registró cielo cubierto a nublado en su mayor parte, el cual será también similar durante el mes de octubre dado el inicio de la temporada de lluvias.

Se pronostica un índice IUV de 8 considerado como un nivel de riesgo moderado.

## PARA PUNO

Durante el mes de octubre, de acuerdo a las condiciones meteorológicas del lugar y considerando la altitud de la ciudad y la concentración de ozono, se pronostica un índice IUV de 9 considerado como un nivel de riesgo alto. Al igual que en la ciudad de Cajamarca se registrarán algunos días con cielo cubierto y nublado.

**PRONOSTICO DEL INDICE UV-B**

	<b>IUV OBSERVADO SETIEMBRE</b>	<b>IUV PRONOSTICADO OCTUBRE</b>	<b>NIVEL DE RIESGO</b>
<b>LIMA</b>	4	<b>5</b>	<b>*BAJO</b>
<b>AREQUIPA</b>	10	<b>11</b>	<b>*ALTO</b>
<b>CAJAMARCA</b>	7	<b>8</b>	<b>*MODERADO</b>
<b>PUNO</b>	8	<b>9</b>	<b>*ALTO</b>

**RECOMENDACIONES**

Por lo anteriormente mostrado, se recomienda a la población (especialmente de las regiones altoandinas) considerar las siguientes medidas para reducir la probabilidad de sufrir quemaduras, daños oculares y enfermedades ocasionadas por exposición permanente:

- Es importante el uso de protectores solares en las horas de máxima insolación.
- Es recomendable el uso de sombreros, gorros y lentes de sol cuyos cristales absorban la radiación UV-B.
- Minimizar la exposición al sol en hora de máxima radiación (de 10:00 a 15:00 hora local).
- Se debe proteger a los niños evitando su exposición excesiva al sol.
- Es recomendable que los policías de tránsito, profesores de educación física, ambulantes, turistas y público en general, tomen ciertas precauciones en cuanto a la exposición directa a los rayos solares por mucho tiempo.



