

# ESTUDIO DE LA INCIDENCIA DE LOS RAYOS ULTRAVIOLETAS (UV) EN LA LOCALIDAD DE AYACUCHO- SUS CONSECUENCIAS.

**Oscar J. Roque Siguas**

Unidad de Investigación e Innovación de Ciencias Sociales  
Programa: Ciencias Histórico Sociales-Área de Investigación: Geografía  
E-mail: oscarroque@hotmail.com

## RESUMEN

Determinar el índice de ultravioleta en Ayacucho, por cada día y mes en cinco años consecutivos de observaciones. Se procesaron los datos del índice de UV medios y registrados con una estación computarizada instalada al interior de la Estación Meteorológica de Ayacucho, propiedad de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, cuyas coordenadas geográficas son: Lat. Sur: 13° 08'; Long Oeste: 74° 13'; Altitud: 2772 m.s.n.m. Se analizaron estadísticamente el Índice de Ultravioleta (UV) tanto en forma diaria, mensuales como anuales. De acuerdo a los cálculos estadísticos, cuadros y gráficos generados del Índice UV, podemos afirmar que las condiciones atmosféricas de Ayacucho, con cinco años de observaciones nos induce a afirmar que el pico diario del Índice de radiación ultravioleta sufre cambios a lo largo de las horas del día; produciéndose para nuestro caso el máximo diario entre las 11.00 y 15.00 horas; así mismo las máximas diarias se producen en los meses de verano, y no en los meses de invierno, demostrando que el pico de los rayos ultravioletas no tiene relación directa con la cantidad de horas de brillo solar; en nuestro caso el índice llega a tener un valor máximo observado de 16, y aparentemente no registrándose riesgos de daños a la piel de nuestros pobladores. Recomendamos continuar con las observaciones y mediciones del Índice de UV tanto a nivel diario, mensual, estacional como a nivel anual en nuestra localidad. Asimismo, iniciar un trabajo de monitoreo en los centros hospitalarios para verificar presencia de efectos de los rayos ultravioletas sobre nuestra población, y que grados de efectos negativos tenemos para así tomar medidas preventivas que coadyuven a contrarrestar estos efectos negativos, para lo cual existen un gran número de medidas preventivas.

Palabras clave: Comportamiento, Índice de rayos Ultravioleta, localidad, Ayacucho.

## STUDY OF THE INCIDENCE OF ULTRAVIOLET (UV) RAYS IN THE LOCATION OF AYACUCHO- ITS CONSEQUENCES

### ABSTRACT

Determine the ultraviolet index in Ayacucho, for each day and month in five consecutive years of observations. The UV index data were processed and recorded media with a computer station installed within the Ayacucho Meteorological Station, owned by the National University of San Cristobal de Huamanga, whose geographical coordinates are: lat: 13° 08 ', Long West: 74° 13 '; Altitude: 2772 m.s.n.m. The Ultraviolet Index (UV) was statistically analyzed both daily, monthly and annually. According to the statistical calculations, tables and graphs generated from the UV Index, we can affirm that the atmospheric conditions of Ayacucho, with five years of observations, induces us to affirm that the daily peak of the UV Index undergoes changes throughout the hours of the day; producing for our case the maximum daily between 11.00 and 15.00 hours; likewise the daily maximums are produced in the summer months, and not in the winter months, demonstrating that the peak of ultraviolet rays has no direct relationship with the number of hours of solar brightness; In our case, the index has a maximum observed value of 16, and apparently no risk of damage to the skin of our residents. We recommend continuing with observations and measurements of the UV Index on a daily, monthly, seasonal and annual basis in our locality. Likewise, initiate a monitoring work in the hospital centers to verify the presence of effects of ultraviolet rays on our population, and what degrees of negative effects we have in order to take preventive measures that help to counteract these negative effects, for which there is a great number of preventive measures.

Keywords: Behavior, Ultraviolet ray index, locality, Ayacucho.

### INTRODUCCIÓN

Existe una gran parte de la fuerza laboral de Ayacucho, y del Perú entero que realiza sus actividades al aire libre, ya sea de manera parcial o de forma permanente, pero frecuentemente en condiciones de alta exposición a radiación ultravioleta de origen solar, sin que, en la mayoría de los casos se adopten las medidas de protección adecuadas. Algunas de estas actividades son la minería, construcción, agricultura, forestal, pesca, transporte, fuerzas armadas y de orden, comercio, servicios, etc.

La radiación ultravioleta asociada a la exposición al sol,

habitualmente es de una magnitud tal, que se pueden producir (según los especialistas en el tema) efectos perjudiciales para la salud de las personas y trabajadores sin la protección o conductas adecuadas. Se afirma que el daño agudo y crónico que provoca la radiación ultravioleta sobre la piel, ojos y el sistema inmunológico de las personas, está directamente relacionado con la intensidad de la radiación, el tiempo de exposición y con características de la piel de cada individuo. En el presente informe se hace una revisión de la regulación aplicable a la materia, se entrega información respecto a los principales efectos para la salud de las personas,

Un notable incremento de incidencia de cáncer en piel ha sido observado en todo el mundo desde 1970. Este aspecto está muy fuertemente asociado con los hábitos personales y su exposición al sol y sus componentes UV. La aparición de bronceado artificial en algunos países ha agregado una cuota adicional importante, generalmente no justificada.

La Exposición excesiva al sol (UV) es asociada con un incremento de riesgo de varios cánceres de piel y cataratas y otras enfermedades de ojo como también un acelerado envejecimiento prematuro de la piel.

El presente trabajo de investigación se planteó teniendo los siguientes **Objetivos**:

1. Determinar el índice de ultravioleta en Ayacucho, por cada día y mes en los cinco años de observaciones.
2. Comprobar si la incidencia de los rayos ultravioleta en la localidad de Ayacucho es mayor en la estación de verano que en la de invierno; Y así, finalmente se entregará los lineamientos y elementos necesarios para un correcto enfoque de la problemática de la exposición a radiación ultravioleta de origen solar, para contribuir a la implementación de eficaces programas de protección de la salud de las personas expuestas laboralmente.

## REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

### 1. Radiación Ultravioleta Solar

#### *Radiación ultravioleta de origen solar.*

La radiación solar ultravioleta o radiación UV es una parte de la energía radiante (o energía de radiación) del sol, se transmite en forma de ondas electromagnéticas en cantidad casi constante (constante solar), su longitud de onda fluctúa entre 100 y 400 nm y constituye la porción más energética del espectro electromagnético que incide sobre la superficie terrestre.

La radiación solar nativa, tiene componentes en todas estas longitudes de onda, pero las distintas capas atmosféricas solo permiten que llegue a la superficie del planeta radiaciones en el rango del UV-A (90%) y UV-B (10%)

#### 1.1. Los rayos ultravioletas

Su nombre proviene que su rango empieza desde longitudes de onda más cortas de lo que los humanos identificamos como el color violeta. Esta radiación puede ser producida por los rayos solares y produce varios efectos en la salud.

La mayor parte de la radiación ultravioleta que llega al límite superior de la atmósfera terrestre lo hace en las formas UV-C, UV-B y UV-A. Estos rangos están relacionados con el daño que producen en el ser humano:

- Los UV-C, cuya longitud de onda oscila entre los 200 y 280 nm (nanómetros). Son los que más energía tienen en relación a los otros tipos de rayos UV, pero no penetran a nuestra atmósfera y no están en la luz solar. Estos rayos son absorbidos por la capa de ozono antes de llegar a la superficie de la tierra y son potencialmente peligrosos para los seres humanos.

- Los UV-B, o los rayos de onda media (entre 280 y 320nm). Tienen un poco más de energía que los UV-A. Son absorbidos en gran parte por la capa de ozono, pero sin embargo llegan a la superficie terrestre y pueden dañar directamente al ADN de las células de la piel, y son los rayos principales que causan quemaduras de sol. Asimismo, se cree que causan la mayoría de los cánceres de piel.
- Los UV-A que comprenden la radiación solar menos nociva. La longitud de esta onda se encuentra entre los 320 y 400 nm y la mayoría de estos rayos llegan a la superficie terrestre. Son los que envejecen a las células de la piel y pueden dañar el ADN de estas células. Están asociados al daño de la piel a largo plazo tal como las arrugas, pero también se consideran que desempeñan un papel en algunos tipos de cáncer. La mayoría de las camas bronceadoras emiten grandes cantidades de UV-A que según se ha descubierto aumentan el riesgo de cáncer a la piel. (Last Medical Review: April 19, 2017 en [www.cancer.org](http://www.cancer.org))



#### 1.2. Descubrimiento

El descubrimiento de la radiación ultravioleta está asociado a la experimentación del oscurecimiento de las sales de plata al ser expuestas a la luz solar. En 1801 el físico alemán Johann Wilhelm Ritter descubrió que los rayos invisibles situados justo detrás del extremo violeta del espectro visible eran especialmente efectivos oscureciendo el papel impregnado con cloruro de plata. Denominó a estos rayos "rayos desoxidantes" para enfatizar su reactividad química y para distinguirlos de los "rayos calóricos" (descubiertos por William Herschel) que se encontraban al otro lado del espectro visible. Poco después se adoptó el término "rayos químicos". Estos dos términos, "rayos calóricos" y "rayos químicos" permanecieron siendo bastante populares a lo largo del siglo XIX. Finalmente estos términos fueron dando paso a los más modernos de radiación infrarroja y ultravioleta respectivamente.

([http://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n\\_ultravioleta](http://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n_ultravioleta)).

#### 1.3. Sistema estándar de medición del índice UV

El índice UV es un indicador de la intensidad de radiación ultravioleta proveniente del Sol en la superficie terrestre en una escala que comienza en 0 y no está acotado

superiormente. El índice UV también señala la capacidad de la radiación UV solar de producir lesiones en la piel. No siempre la cantidad de luz ambiental va relacionada con el índice UV. Puede ser engañoso.

Ya que el índice y su representación variaban dependiendo del lugar, la Organización Mundial de la Salud junto con la Organización Meteorológica Mundial, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación no Ionizante publican un sistema estándar de medición del índice UV y una forma de presentarlo al público incluyendo un código de colores asociado.

**Tabla 1.** Sistema estándar de medición del índice UV.

El código se puede ver en la siguiente tabla:

Color	C	Riesgo	Índice UV
Verde	■	Bajo	< 2
Amarillo	■	Moderado	3-5
Naranja	■	Alto	6-7
Rojo	■	Muy Alto	8-10
Morado	■	Extremadamente alto	> 11

**1.4. Cuantificación de los UV.**

Para cuantificar la dosis de radiación ultravioleta que llega a un punto del planeta se emplea el denominado **Índice ultravioleta**, que representa una estimación de la radiación ultravioleta solar que soporta una superficie determinada de la tierra. Este valor se modifica con factores tales como la latitud, con las estaciones del año, con el tiempo atmosférico y con las horas del día. Aunque la intensidad de la radiación ultravioleta que llega al suelo varía a lo largo del día, alcanza su valor máximo hacia la mitad del periodo diurno, en ausencia de nubes. Para calcularlo se obtienen las distintas longitudes de ondas ultravioleta y se promedia las variaciones de la radiación por periodos de 10 a 30 minutos. Se expresa en valor numérico a partir del cero de modo que cuanto mayor sea el índice, mayor será la probabilidad de que la exposición a los rayos ultravioleta dañe la piel y los ojos y el menor tiempo que tardaran en ocurrir estos daños. El índice ultravioleta es un claro parámetro de los daños que puede causar una exposición excesiva a las radiaciones ultravioleta, y permite advertir a la población de la necesidad de adoptar medidas de protección. Esto último es especialmente importante, dada la constante disminución del ozono estratosférico y el consiguiente aumento de la intensidad de las radiaciones ultravioleta.

En muchos países próximos al ecuador, el índice ultravioleta puede llegar a un valor de 20 en verano. En

Europa, el índice en esta época no suele ser superior a 8, aunque puede rebasar este valor ocasionalmente en las playas.

El valor obtenido del índice de radiación ultravioleta (UVI) compone una escala de intensidad:

*Exposición ultravioleta baja* (valores 1 y 2); *exposición moderada* (valores 3 y 4); *exposición intensa* (valores 5 y 6); *exposición muy intensa* (valores 7 y 8) *exposición extrema* (superior a 9).

**1.5. Historia del índice de UV**

En 1992, tres científicos de la oficina de Medio Ambiente de Canadá desarrollaron el índice UV, convirtiendo a Canadá en el primer país del mundo que transmitió las previsiones para el día siguiente de los niveles de UV. Otros países siguieron el ejemplo con sus propios índices de UV, entre ellos los Estados Unidos en 1994. En un principio, los métodos de cálculo y presentación de informes del índice UV variaban de país a país. Hoy en día, un índice UV en todo el mundo, se encuentra estandarizado por la Organización Mundial de la Salud (WHO por su sigla en inglés, World Health Organization), este nuevo índice UV ha sustituido a los métodos regionales que eran incompatibles entre sí. El índice UV internacional no sólo especifica un método de cálculo uniforme, sino también los colores estándar y gráficos para medios impresos. En los Estados Unidos, el índice de la WHO sustituyó el índice original en 2004. En 2005, los Estados Unidos y Australia pusieron en marcha la alerta debido a los niveles de los rayos UV.

(<http://www.epa.gov/sunwise/uvalert.html> United States UV Alert</ref).

**1.6. Los factores que influyen en el índice UV son:**

Como se ha planteado anteriormente, existen una serie de factores que determinan el UVI y por lo tanto influyen a la hora de protegernos:

- **Hora del día:** la radiación solar es más intensa entre las 11 y las 16 horas.
- **Altitud:** la capacidad eritematogénica de los rayos ultravioleta aumenta con la altura, de modo que puede decirse que cada 300 metros de altitud aumenta entre 4 a 10 %, con el consiguiente incremento en el riesgo de quemaduras.
- **Latitud:** la intensidad de la radiación es superior en el ecuador, ya que incide perpendicularmente a la superficie terrestre, disminuyendo progresivamente al ascender hacia los polos. En el hemisferio norte los rayos solares inciden con más intensidad entre mayo y setiembre y en el espacio comprendido entre las 12 y las 16 horas.
- **Estación del año:** Máximo riesgo en verano al aumentar la perpendicularidad con que inciden los rayos solares.
- **Espesor de la capa de ozono:** El ozono absorbe la radiación ultravioleta. Así la cantidad de ozono que

hay sobre la vertical de cada lugar tiene una relación directa con la intensidad de la radiación ultravioleta.

- **Nubosidad:** las nubes reducen considerablemente los rayos infrarrojos que llegan a la superficie terrestre y escasamente (solo un 10%) la radiación ultravioleta queda retenida por las nubes. Así pues, el riesgo de sobreexposición a los rayos ultravioletas es mayor en los días nublados porque la sensación de calor es menor.
- **Efectos de reflexión:** a la incidencia directa de la radiación ultravioleta hay que sumar la incidencia de la radiación reflejada, que supone un incremento de 5% en la hierba, del 10% en el agua, del 25% en la arena y del 80% en la nieve. Tampoco hay que olvidar que las gotitas de agua sobre la piel actúan a modo de lupa. Ciertas superficies como el cemento y los metales brillantes pueden aumentar el riesgo al reflejar los rayos ultravioletas. Los tejidos blancos absorben y dejan pasar una alta proporción de luz ultravioleta particularmente cuando están mojados.
- **Factores atmosféricos:** viento, humedad, contaminación, etc., pueden afectar a la cantidad de radiación solar incidente o a la sensación de bienestar, modificando la peligrosidad de la radiación ultravioleta.

### 1.7.Efectos negativos inmediatos de la exposición ultravioleta en la piel.

- Quemadura solar
- Bronceado
- Alteraciones del sistema inmunológico
- Insolaciones.

### 1.8.Efectos negativos tardíos (por exposición crónica).

- Foto envejecimiento cutánea.
- Foto carcinogénesis (aparición de tumores).

### 1.9.Los rayos ultravioletas y los problemas visuales graves

- Pueden ocasionar síntomas leves como lagrimeo y enrojecimiento, que son controlados en 72 horas.
- Los rayos solares afectan de forma más severa a la piel que a los ojos, de ahí que la población tome sus precauciones necesarias por proteger más su dermis. "La radiación ultravioleta no ocasiona ningún problema de salud grave en los ojos. Se pueden presentar algunas molestias como enrojecimiento, lagrimeo o un cuadro de conjuntivitis, sin embargo, con un tratamiento adecuado se controlan sin mayor problema", aseguró Anselmo Fonte, jefe de Unidad en el Servicio de Oftalmología del Hospital General de México (HGM).  
Recomendó a la población estar tranquila y no preocuparse por la exposición de los rayos ultravioleta, ya que sólo producen algunos efectos superficiales en párpados, córnea y conjuntiva, los cuales desaparecen con tratamiento en un máximo de 72 horas.
- No todas las personas reaccionan de igual manera a la exposición de los rayos ultravioleta, uno de los grupos más vulnerables son los niños quienes pueden presentar una conjuntivitis actínica (por rayos

solares).

(Fuente:<http://journalmex.wordpress.com/2011/06/04/los-rayos-ultravioleta-no-causan-problemas-visuales-graves/>).

## 2.Índice de UV En El Hemisferio Norte

El índice UV no exceda de 8 en el Reino Unido (8 es rara). Sin embargo, los índices de 9 y 10 son comunes en el área mediterránea.

Cuanto mayor es el índice UV, mayor es la tasa de dosis de la piel de daños (y lesiones oculares) la radiación UV. En consecuencia, cuanto mayor sea el índice UV, menor será el tiempo que toma antes de daño de la piel o los ojos.

**De bajo riesgo** significa que no hay nada de que preocuparse - el sol no te hará daño. Enrojecimiento (eritema) aparecerá en 2 horas o más (11:00-15:00 GMT) en el verano del Reino Unido.

**Riesgo medio** significa que el sol no es peligroso, pero se debe evitar estar en la luz solar directa para más de 1 a 2 horas. Enrojecimiento (eritema) que después de la exposición por más tiempo. Quemadores deben aplicar la protección de la piel factor (SPF) 15 protector solar. Todas las personas deben usar UV-A + B gafas de sol.

**Alto riesgo** significa que usted puede quemar entre 30 y 60 minutos. Trate de mantener fuera de la luz solar directa, encubrir o use una loción de protección solar SPF 15 +. Use ropa de protección.

**Riesgo muy alto** significa que usted puede quemar gravemente en 20 a 30 minutos.

Manténgase alejado de la luz solar directa, la cobertura y uso de un protector solar SPF 15 +.

Personas de todo color de la piel, especialmente los niños y bebés, pueden sufrir daños en los ojos, recalentamiento y deshidratación como resultado de la exposición excesiva al sol.

(Agencia de Protección de la Salud - <http://www.hpa.org.uk>).

### Tipo de piel y su reacción a la exposición de los UV.

Existen diferentes tipos de piel en los que varían enormemente la capacidad de producir o activar melanina preexistente, generando respuestas diferentes ante la exposición solar. En función de la capacidad de respuesta a las radiaciones solares, se clasifican los diferentes tipos de piel en los denominados fototipos cutáneos.

Se establecen seis (6) fototipos diferentes que van desde el I (siempre se queman, nunca se broncean), hasta el VI (nunca se queman, siempre se broncean).

**Tabla 2.** Tipo de piel y su reacción a la exposición de los UV.

Tipo de piel	Descripción	Respuesta a la exposición solar
I	Piel blanca alabastro con muchas pecas, pelirrojos	Siempre se quema fácilmente, la quemadura puede ser intensa. Nunca se broncea.
II	Piel blanca. Ojos azules	Siempre se quema fácilmente, la quemadura puede ser intensa. Puede llegar a broncearse pero mínimamente.
II	Piel blanca con mínima tonalidad marrón. caucasianos	Puede quemarse, la quemadura será moderada. Puede llegarse a broncearse gradualmente.
IV	Piel de tono marrón más o menos intenso. mediterráneos	Puede quemarse, pero la quemadura será mínima. Siempre se broncea.
V	Piel de tono marrón intenso. Asiáticos, negros de tonalidad poco intensa. Oriente medio .Sudamérica	Raramente se quema Se broncea con intensidad
VI	Negros de tonalidad intensa	Nunca se quema  Se broncea profundamente.

[www.bioingenieria.edu.ar/academica/catedras](http://www.bioingenieria.edu.ar/academica/catedras).

El Instituto de Salud Pública de Chile, presenta una Tabla sobre FOTOTIPO DE PIEL, con diferentes grados de susceptibilidad individual al Índice de ultravioleta.

**Tabla 3.** Grados de susceptibilidad del fototipo de piel al índice de ultravioleta.

Fototipo	Efectos Sobre La Piel	Características Físicas
I	Individuos que presentan intensas quemaduras solares, prácticamente no se pigmentan nunca y se descaman de forma ostensible.	Individuos de piel muy clara, ojos azules, con pecas en la piel. Su piel, habitualmente no expuesta al sol, es blanco lechosa.
II	Individuos que se queman fácil e intensamente, pigmentan ligeramente y descaman de forma notoria.	Individuos de piel clara, pelo rubio o pelirrojos, ojos azules y pecas, cuya piel, no expuesta habitualmente al sol, es blanca.
III	Individuos que se queman moderadamente y se pigmentan.	Razas caucásicas (europeas). Piel blanca al no ser expuesta habitualmente al sol.
IV	Individuos que se queman moderada o mínimamente se pigmentan con bastante facilidad y de forma inmediata al ponerse al sol.	Individuos de piel blanca o ligeramente morena, pelo u ojos oscuros (razas mediterráneas, mongólicas, orientales).  Piel habitualmente morena o algo morena
V	Individuos que se queman raras veces y se pigmentan con facilidad e intensidad, siempre presentan reacciones de pigmentación inmediata.	Individuos de piel morena (amerindios, indostánicos, hispanos).
VI	No se queman nunca y se pigmentan intensamente. Siempre presentan reacciones de pigmentación inmediata.	Raza negras

**Tabla 4.** Tiempos de exposición de los distintos tipos de piel para que se presente eritema.

	INDICE UV	Potencia mW/cm <sup>2</sup>	Tiempo de Exposición en Minutos sin Protección					
			Fototipo		III	IV	V	VI
			I	II				
Bajo	1	2.78	90-180	150-240	180-290	270-360	350-530	530-900
	2	5.57	45-90	75-120	90-150	135-180	180-270	270-450
Medio	3	8.35	30-60	50-80	60-100	90-120	120-180	180-300
	4	11.1	22-45	37-60	45-75	67-90	90-135	135-225
	5	13.9	18-36	30-48	36-60	54-72	72-110	110-180
Alto	6	16.7	15-30	25-40	30-50	45-60	60-90	90-150
	7	19.5	13-26	21-34	26-43	38-51	52-75	75-130
Muy Alto	8	22.2	11-23	19-30	23-38	34-45	45-68	68-113
	9	25.0	10-20	17-27	20-33	30-40	40-60	60-100
	10	27.8	9-18	15-24	18-30	27-36	36-55	55-90
Extremo	11	30.5	8-16	14-22	16-27	25-33	33-50	50-82
	12	33.3	7.5-15	12-20	14-25	22-30	30-45	45-75
	13	36.1	7-14	11-18	13-23	21-28	27-41	41-70
	14	38.9	6.5-13	11-17	12-21	20-26	26-10	40-64
	15	41.7	6-12	10-16	12-20	18-24	24-36	36-60

Fuente: Instituto de Salud Pública de Chile.

## MATERIALES Y METODOS

La medición de la radiación ultravioleta recibida en una superficie en la localidad de Ayacucho, durante los años comprendidos entre el 2006 al 2010, se realizó a través de un sensor UV de medición continua, marca *Davis Instruments modelo Advantage Pro 2* y consola digital de la misma marca, instalado en la estación meteorológica propiedad de la Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga, ubicada en las coordenadas geográficas siguientes: 13° 08' Latitud Sur; 74° 13, longitud oeste, y a una altitud de 2772 m.s.n.m.

El sistema detecta y registra el Índice de Rayos Ultravioletas (IUV).

El periodo de medición abarca desde el mes de enero del 2006 hasta diciembre del 2010, con ciertas interrupciones por falta de mantenimiento del instrumento.

La información recopilada del sistema se transfirió a una hoja electrónica de cálculo Excel para su manejo estadístico descriptivo y análisis posterior.

Debemos manifestar que la información se organizó para las 24 horas del día, y estos a su vez para los 30 o 31 días de cada mes, y los mismos también para los 12 meses de cada año. El horario incluido en este trabajo corresponde al tiempo local.

Los datos de IUV incidente en la superficie en la ciudad de Ayacucho en el periodo comprendido entre 2006 -2010, en este estudio se presentan a través de formatos tabulares con frecuencia horaria o diaria dentro de unos cuadros mensuales. En dichos arreglos, el termino IUV, se refiere al índice preestablecido en el instrumento electrónico de los "n" registros de radiación UV que el sensor capta por hora, y el término "máxima" (máxima = máxima absoluta) representa

el registro máximo de los "n" registros que el sensor capta por periodo.

El término "promedio" se refiere a la media aritmética de la radiación media o a la media aritmética de la radiación máxima por periodo.

## RESULTADOS

Los resultados se muestran a través de arreglos tabulares de datos de Índice de ultravioleta (IUV) incidente a nivel de superficie en la localidad de Ayacucho, con frecuencia horaria o diaria dentro de una organización mensual, cubriendo el periodo de febrero del 2006 (inicio de la medición), al 31 de diciembre del 2010 con algunas interrupciones.

**Tabla 5.** Distribución temporal del IUV acumulada en las cuatro horas centrales de un día solar (promedio mensual) año 2006.

meses	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Prom.
10 horas		.1		2.5	2.2	.5			.2	0.9	.3	0.5	.018
11 horas		2.5	2.5	4.2	4.4	.5	1	0.9	3.1	4	1.2	3.7	2.36
12 horas		3.3	3.7	4.5	4.1	0.4	0.9	2.9	4.8	4.7	4	4.2	3.41
13 horas		3.7	3.4	2.3	1.2	0	.1	3	4.7	4.2	3.8	4.2	2.69
14 horas		3.4	3	.5		.2	.9	0.4	1.8	3	3.4	0.2	0.44
Prom.		2.2	2.1	2.4	1.8	.52	.18	0.8	2.7	3.4	1.74	2.6	

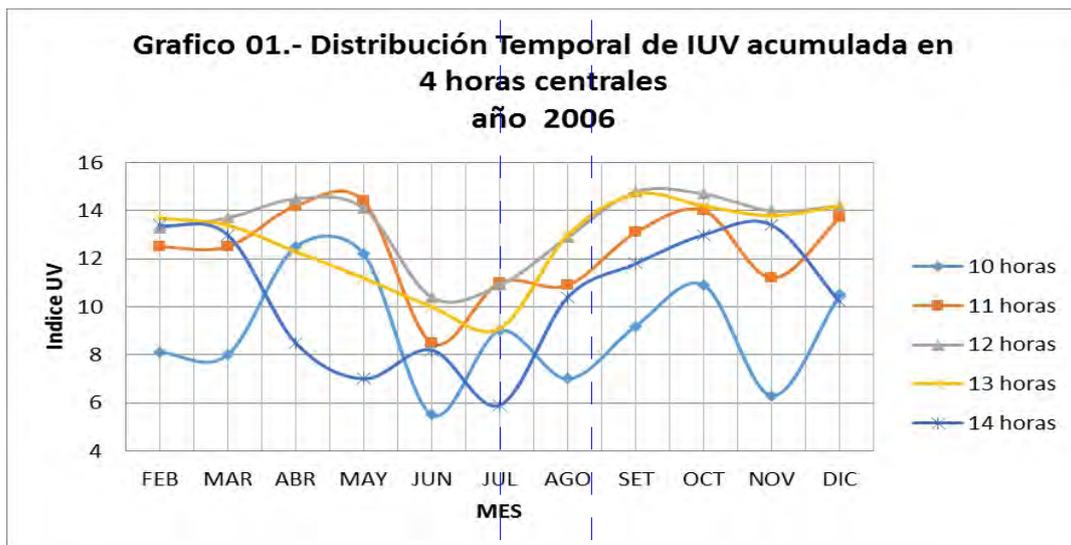
Fuente: elaboración del autor

De acuerdo al cuadro anterior, los valores de las cuatro horas centrales de cada mes son el promedio mensual o del número de días del mes correspondiente. Por ejemplo, el valor del IUV de 9.1 del mes de JULIO a las 10 horas, es un valor obtenido de los 31 valores registrados de cada día del mes a esa hora y así sucesivamente para las siguientes horas como son las 11, 12, 13, y 14 horas.

Y como podemos observar en lo que corresponde a la distribución temporal del índice de ultravioleta acumulado

en las cuatro horas consideradas en las cuales se recibe las máximas intensidades, la hora en la que se tiene el máximo pico de incidencia es a las doce horas de cada día. Es octubre el mes del año en que se observa la máxima intensidad de UV, con un valor de 13.4, y el menor el mes de junio con 8.5

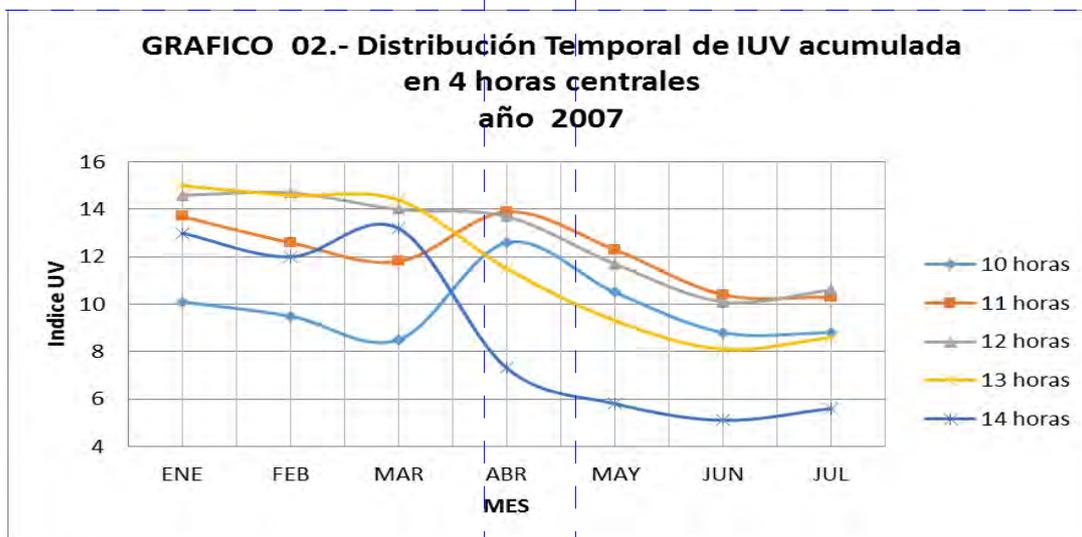
Si nos referimos a la estación climática del año, resulta que el IUV más alto se presenta en las estaciones de primavera-verano.



**Tabla 6.** Distribución temporal del IUV acumulada en las cuatro horas centrales de un día solar (promedio mensual) año 2007.

Meses	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Prom.
10 horas	0.1	.5	.5	2.6	0.5	.8	.8						9.829
11 horas	3.7	2.6	1.8	3.9	2.3	0.4	0.3						12.14
12 horas	4.6	4.7	4	3.7	1.7	0.1	0.6						12.77
13 horas	5	4.6	4.4	1.5	.3	.1	.6						11.64
14 horas	3	2	3.2	.3	.8	.1	.6						8.857
Prom.	3.28	2.68	2.4	1.8	.92	.5	.78						

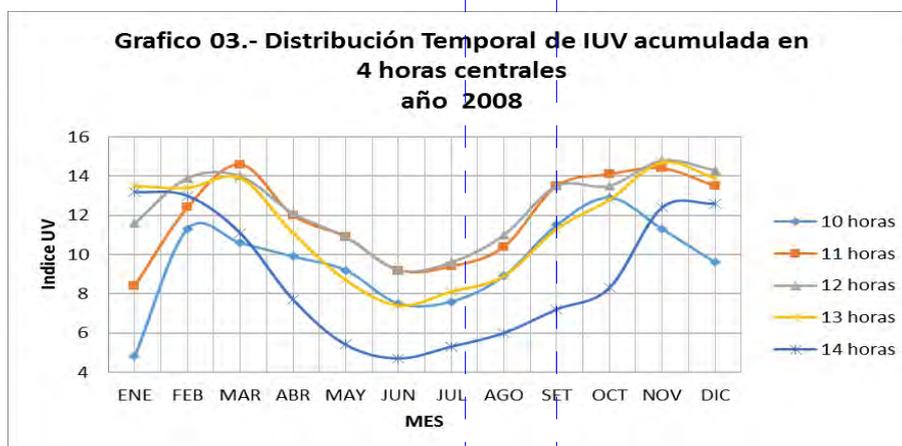
Fuente: elaboración del autor



**Tabla 7.** Distribución temporal del IUV acumulada en las cuatro horas centrales de un día solar (promedio mensual) año 2008.

Meses	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Prom.
10 horas	4.8	11.3	10.6	9.9	9.2	7.5	7.6	8.9	11.5	12.9	11.3	9.6	9.592
11 horas	8.4	12.4	14.6	12	10.9	9.2	9.4	10.4	13.5	14.1	14.4	13.5	11.9
12 horas	11.6	13.9	14	12.1	10.9	9.2	9.6	11	13.5	13.5	14.8	14.3	12.37
13 horas	13.5	13.4	13.9	11.1	8.7	7.4	8.1	8.9	11.3	12.8	14.7	13.9	11.48
14 horas	13.2	13	11.1	7.7	5.4	4.7	5.3	6	7.2	8.3	12.4	12.6	8.908
Prom.	10.3	12.8	12.8	10.6	9.02	7.6	8	9.04	11.4	12.3	13.52	12.8	

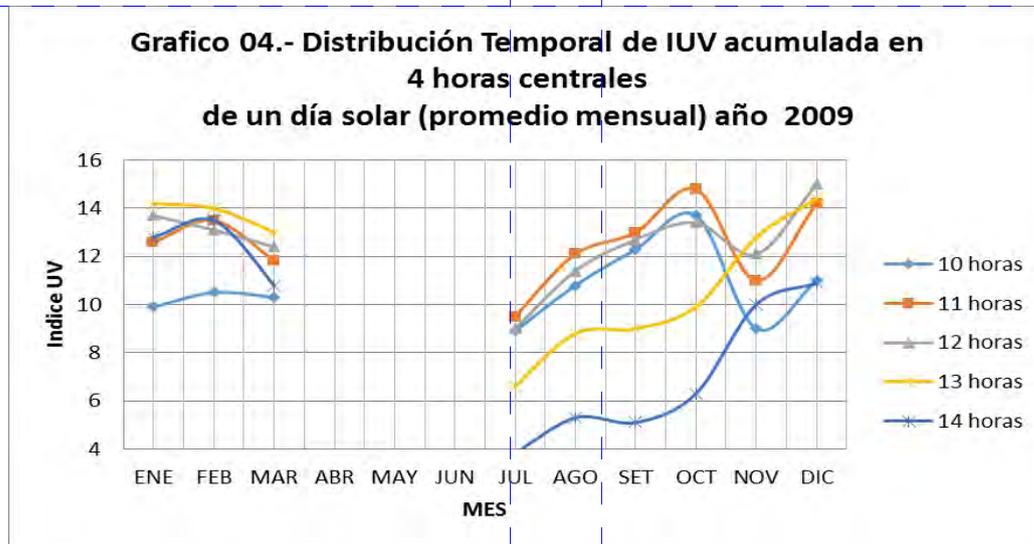
Fuente: elaboración del autor



**Tabla 8.** Distribución temporal del IUV acumulada en las cuatro horas centrales de un día solar (promedio mensual) año 2009.

Meses	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Prom.
10 horas	.9	0.5	0.3				.9	0.8	2.3	3.7		1	10.71
11 horas	2.6	3.5	1.8				.5	2.1	3	4.8	1	4.2	12.5
12 horas	3.7	3.1	2.4					1.4	2.7	3.4	2.1	5	12.53
13 horas	4.2	4	3				.6	.8		.9	2.8	4.4	11.41
14 horas	2.8	3.5	0.8				.8	.3	.1	.3	0	0.9	8.722
Prom.	2.64	2.92	1.7				.56	.68	0.4	1.6	0.98	3.1	

Fuente: elaboración del autor

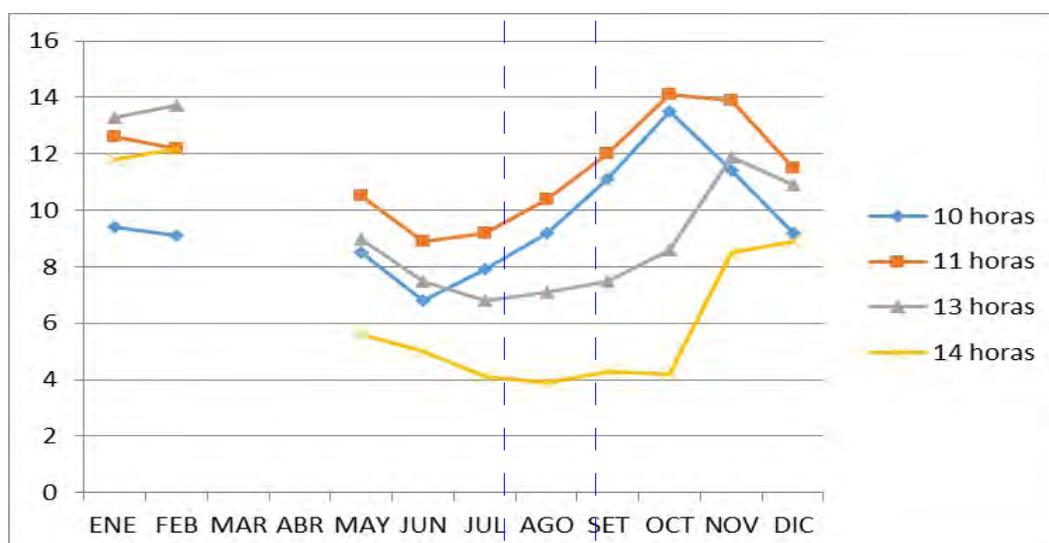


**Tabla 9.** Distribución temporal del IUUV acumulada en las cuatro horas centrales de un día solar (promedio mensual) año 2010.

Meses	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Prom.
10 horas	.4	.1	/d	s/d	8.5	.8	.9	.2	1.1	3.5	1.4	.2	9.61
11 horas	2.6	2.2	/d	s/d	10.5	8.9	.2	0.4	2.0	4.1	3.9	1.5	11.52
12 horas	3.9	3.7	/d	s/d	10.7	9.2	.8	.5	0.6	2.5	3.5	1.3	11.37
13 horas	3.3	3.7	/d	s/d	9.0	7.5	.8	.1	.5	.6	1.9	0.9	9.63
14 horas	1.8	2.2	/d	/d	5.6	5.0	.1	.9	.3	.2	.5	.9	6.85
Prom.	2.20	2.16			8.86	.48	.36	.02	.10	0.58	1.84	0.36	9.80

Fuente: elaboración del autor

**Grafico 5.** Distribución Temporal de IUUV acumulada en 4 horas centrales de un día solar (promedio mensual) año 2006.



**Tabla 10.** Cuadro resumen de la distribución Temporal del IUV promedio de cinco años en las cuatro horas centrales de un día solar.

	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	Prom.
2006		2.2	2.1	2.4	1.8	1.5	2	0.8	2.7	3.4	1.7	2.6	1.58
2007	3.3	2.7	2.4	1.8	.9	.5	.8						1.06
2008	0.3	2.8	2.8	0.6	.0	.6	.0	.0	1.4	2.3	3.5	2.8	0.84
2009	2.6	2.9	1.7				.6	.7	0.4	1.6	1.0	3.1	1.18
2010	2.20	2.16			.86	.48	.36	.02	.10	0.58	1.84	0.36	.80
Prom.	2.1	2.55	2.2	1.6	.89	.02	.19	.38	0.9	1.97	2.01	2.22	

Fuente: elaboración del autor

De acuerdo al cuadro que precede, los meses en que hay mayor incidencia del Índice de Ultravioleta en nuestra localidad, son los meses correspondientes la estación de primavera-verano (setiembre. Octubre, noviembre,

diciembre, enero, febrero, y marzo con 10.9, 12.0, 12, 12.2, 12,1, 12.6, y 12.2 respectivamente, en los que se da menor Índice de Ultravioleta son los meses invernales de Junio, julio y agosto con 8.0, 8.2, y 9.4 respectivamente

**Grafico 6.** Resumen de la distribución Temporal del IUV promedio de cinco años en las cuatro horas centrales de un día solar.



**Tabla 11.** Radiación UV máxima media mensual, medida como IUV comprendida entre el año 2006 y 2010.

Año	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DIC	
2006		4.8	4.9	5.1	4.3	0.6	1.13	3.6	5.14	5.62	4.89	5.4	
2007	15.7	5.4	5.1	4.6	2.6	0.5	0.8						
2008			5.5	3.3	1.1	.3	.7	1.2	4	4.9	5.5	5	
2009	5.4	5.3	4.5					0	2.4	4	5.3	3.9	5.3
2010	5	5.3			1	.3	.2	0.5	2.5	4.4	4.8	3.4	

Fuente: elaboración del autor

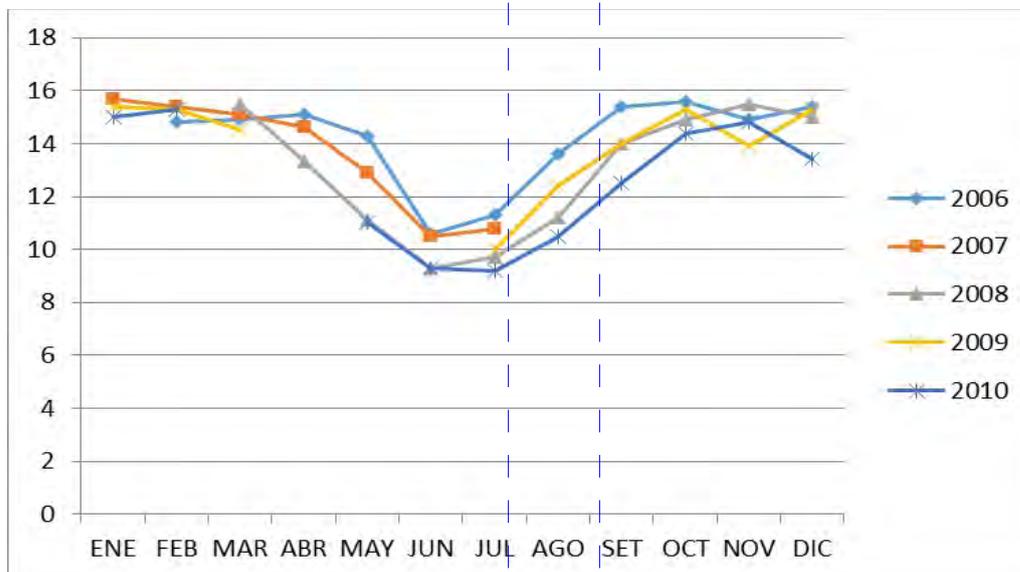
De acuerdo al cuadro anterior, en lo que corresponde a la índice de radiación máxima recibida en la superficie terrestre de la localidad de Ayacucho, se puede visualizar que en

promedio de los años evaluados, el máximo índice se produce en los meses de Enero, Febrero y Marzo, a pesar que son los meses con mayor nubosidad que interfieren en la

incidencia de los rayos solares sobre la superficie. El mes con el menor valor corresponde a junio, con un valor máximo de 9.2 en el año 2010.

También observamos que del conjunto de datos registrados, es el año 2010 quien tiene la tendencia a presentar los datos

**Grafico 7.** Radiación UV máxima media mensual, medida como IUV comprendida entre el año 2006 y 2010.



## DISCUSION Y CONCLUSIONES

En la actualidad existe mucha contradicción en lo relacionado a los efectos nocivos de los UV; algunos ni siquiera tienen conocimiento que los mismos son radiados por el sol en tres longitudes de ondas diferentes (UV-C, UV-B, y UV-A); y el que tiene acción nociva sobre los organismos es el UV-B, el cual llega a la tierra en un 10 % aproximadamente, y el UV-A en un 90 %; mientras que un UV-C que es el más dañino nunca llega al suelo. Bajo este desconocimiento generalizado, personas equivocadamente infieren en los efectos nefastos de los mismos, sin saber que los UV son indispensables e imprescindibles para la síntesis de las vitaminas E y D sobre la piel y que sirven como antioxidantes y fijadores del calcio en los huesos; su deficiente exposición en la infancia lleva al raquitismo. En las personas de edad avanzada la pérdida del material óseo se ve agravada sino se toma la cantidad necesaria de sol para sintetizar la vitamina D y fijar a los huesos el calcio que se administra como suplemento vitamínico. La falta de antioxidante como la vitamina E, sintetizada por el sol y absorbida únicamente a través de la piel, aumenta el riesgo de cánceres normales en la vejez. Por lo tanto, es importante asegurar que se reciba la cantidad adecuada y necesaria de radiación UV, aunque algunos diarios y revistas digan lo contrario.

Otro especialista como Anselmo Fonte, jefe de la Unidad en el Servicio de Oftalmología del Hospital General de México, recomienda a la población estar tranquila, no preocuparse por la exposición a los rayos ultravioletas, ya que solo producen algunos efectos superficiales en los párpados, cornea y conjuntiva, los cuales desaparecen con tratamiento en un máximo de 72 horas. Los UV afectan de forma más severa la piel que a los ojos, de ahí que la población tome sus precauciones necesarias para proteger más su dermis.

Para la cuantificación la dosis de radiación ultravioleta que

llega a un punto del planeta se emplea el denominado *Índice Ultravioleta*, que representa una estimación de la radiación ultravioleta solar que soporta una superficie determinada de la tierra el cual es modificado por un conjunto de factores:

Entre los factores mencionados que influyen en el índice, se encuentra la nubosidad, la misma que reduce el ingreso de los infrarrojos a la superficie terrestre y escasamente (solo un 10 %) la radiación ultravioleta queda retenida por las nubes. Así pues, el riesgo de sobreexposición a los ultravioletas es mayor en los días nublados porque la sensación de calor es menor. Y en caso nuestro la mayor incidencia del IUV se da en los meses de primavera-verano (octubre-marzo), con un valor promedio de 12.2 a pesar que son los meses que presentan una mayor nubosidad.

La ubicación latitudinal sobre la superficie terrestre también se afirma que tiene que ver con el IUV, en nuestro caso nos encontramos muy cerca de la línea ecuatorial (13° 08' L.S. por lo tanto los rayos solares caen con mayor perpendicularidad en nuestra localidad siendo mayor en los meses de primavera - verano.

También se afirma que la ubicación altitudinal sobre el nivel del mar tiene que ver con la incidencia de los rayos solares, por lo tanto, la capacidad eritematogénica de los rayos ultravioleta aumenta con la altura, de modo que se afirma que cada 300 metros de altitud aumenta entre 4 a 10 %, con el consiguiente incremento en el riesgo de quemaduras.

Para el caso de Arequipa, según Guillermo Gutiérrez, responsable del área de investigación de Radiación Ultravioleta del Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI), el pico más alto se alcanzará en noviembre con un índice de 13.5 que representa "muy alto" por lo que recomienda evitar la exposición directa al sol entre las 10.00 y la 15.00 horas para evitar daños de consideración a la piel; mientras que para nuestro caso el Índice máximo

alcanzado es de 16.0.

En lo concerniente a la hora del día, observamos que la radiación de los ultravioleta es más intensa entre las 10 y 16 horas tal como lo podemos observar en el Cuadro respectivo.

El índice UV no excede de 8 en el Reino Unido (8 es rara; excepcionalmente en su mayoría en las dos semanas en torno al solsticio de verano), sin embargo, para nuestra localidad los máximos valores llegan a 16.

### De los Riesgos a la Exposición

Según la bibliografía correspondiente, existen riesgos e diferentes niveles (bajo, medio, alto, muy alto, y extremo), de acuerdo al tiempo de exposición a los UV; y cuando mayor es el índice UV, mayor es la tasa de dosis de la piel de daños (y lesiones oculares). En consecuencia, cuanto mayor sea el índice UV, menor será el tiempo que produzca el daño de la piel o los ojos.

La Secretaría de Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito, organizó el "Encuentro Internacional Sobre el Monitoreo y Difusión Pública de los Niveles de Radiación Ultravioleta UV en Latinoamérica", evento que se desarrolló en Quito, durante los días 10 y 11 de noviembre de 2009. Emitió el siguiente Manifiesto en relación al Índice de UV.

*La escala del IUV de la OMS, sus adjetivos e intervalos deben ser reevaluados para Sudamérica y su región andina. Los actualmente propuestos son insuficientes ya que frecuentemente se alcanza y se supera el valor de 11, considerado como extremo por la OMS. De acuerdo con los datos registrados por la Secretaría de Ambiente del Distrito Metropolitano de Quito, en el periodo agosto - diciembre de 2009, el 66% de los días presentaron niveles del IUV mayores o iguales a 11.*

*Se ratifica el Consenso de Santiago de 2006, en el sentido de utilizar el IUV pero con una escala adaptada a la realidad de cada región. En la región andina de Latinoamérica, los niveles máximos de IUV normalmente son mayores a 11 y la población mayoritariamente tiene piel oscura. Además, se ratificó la necesaria incorporación de científicos y expertos de Sudamérica en las comisiones internacionales de análisis de este tema.*

*Por ser la exposición a la radiación ultravioleta un tema de salud pública y ambiental de gran importancia en la región andina de América, es necesario incitar a todos los países a mantener campañas permanentes de fotoeducación, de acuerdo a las características étnicas y culturales de cada país.*

*Se debe fomentar programas binacionales y/o regionales de cooperación internacional, para compartir experiencias exitosas e intentar homogeneizar la información relevante de cada región"*

Para el caso de tipo de piel del poblador peruano (FOTO TIPO IV, V y VI) el tiempo de exposición en minutos que causaría daños son los que se presentan en el cuadro siguiente; pero si lo comparamos con el tiempo real en que estamos expuestos a los UV, observamos que no existe efecto inmediato alguno en nuestros pobladores. Los efectos observados en función del tipo de piel y el efecto sobre la misma consideramos que coincide con la siguiente tabla de

tipo de piel:

Normal: Piel morena clara, se quema con moderación, con un bronceado gradual.

Normal: Piel morena oscura, se quema mínimamente, siempre se broncea.

Insensitiva: Piel oscura. Pocas veces se quema, bronceado profuso.

Insensitiva: Piel muy oscura, nunca se quema, piel con profunda pigmentación.

### Conclusiones.

- El pico diario del Índice de radiación ultravioleta sufre cambios a lo largo de las horas del día; produciéndose para nuestro caso el máximo diario entre las 11.00 y 15.00 horas.
- Así mismo las máximas diarias se producen en los meses de verano (diciembre, enero, febrero y marzo, con un pico promedio del Índice de rayos ultravioleta de 12.8, 12.0, 12.6 y 12.2 respectivamente, y no en los meses de invierno (meses de junio, julio y agosto con valores de 8.2, 8.4, y 9.8 respectivamente), estación astronómica en que en nuestra localidad tenemos mayor incidencia de horas de insolación o llamada también horas con brillo solar, esto nos demuestra que el pico de los rayos ultravioletas no tiene relación directa con las horas de brillo solar sobre la superficie terrestre.
- El efecto cancerígeno de los rayos ultravioletas está ligado a su longitud de onda. Son sobre todo el espectro ultravioleta B y C de la radiación solar, el que posee la mayor potencia de inducción de cáncer de piel, ya que produce daños estructurales en el ADN celular y da lugar a mutaciones.
- La bibliografía especializada, proveniente del hemisferio Norte, donde consideran 6 distintos tipos de pieles, y un Índice UV hasta 10 que lo consideran muy alto, ocasionando daños muy significativos. " - *La escala del IUV de la OMS, sus adjetivos e intervalos deben ser reevaluados para Sudamérica y su región andina. Los actualmente propuestos son insuficientes ya que frecuentemente se alcanza y se supera el valor de 11, considerado como extremo por la OMS.* A diferencia de lo dicho, en nuestro caso el índice llega a tener un valor máximo observado de 16, y aparentemente no registrándose riesgos de daños a la piel de nuestros pobladores.
- Por observaciones hecha en forma directa a los pobladores de nuestra localidad, no hemos registrado los efectos dañinos a la piel y a los ojos que se consignan en las distintas bibliografías especializadas, por lo consideramos que la categorización a la exposición mediante los cinco descriptores (mínima, baja, moderada, alta y muy alta, que se utiliza para explicar la intensidad de efectos dañinos es aplicable para los foto tipo de piel europea; no es aplicable para el tipo de piel de poblador peruano en términos generales, en concordancia con lo planteado en el Manifiesto hecho por los especialistas reunidos en el "Encuentro Internacional Sobre el Monitoreo y Difusión Pública de los Niveles de Radiación Ultravioleta UV en Latinoamérica".

- El poblador peruano en términos generales está en el foto tipo IV, V y VI que comprende a individuos de piel morena (amerindios, indostáticos, hispanos y negros: Son individuos que se quemar raras veces y se pigmentan con facilidad e intensidad, siempre presentan reacciones de pigmentación inmediata, mientras que los negros no se quemar nunca y se pigmentan intensamente y, siempre presentan reacciones de pigmentación inmediata.
- Difundir la cantidad de radiación UV que llega a la superficie terrestre, cobra relevancia para prevenir que la población sufra afectaciones, especialmente niños. Cuando está despejado el potencial de bronceado es intenso, se debe recomendar una saludable exposición al sol, no exponerse al sol al medio día, preferir la sombra, promover el uso de lentes y sombrero.

## RECOMENDACIONES

Continuar con las observaciones y mediciones del Índice de UV tanto a nivel diario, mensual, estacional como a nivel anual en nuestra localidad.

Iniciar un trabajo de monitoreo en los centros hospitalarios para verificar presencia de efectos de los rayos ultravioletas sobre nuestra población, y que grados de efectos negativos tenemos para así tomar medidas preventivas que coadyuven a contrarrestar estos efectos negativos, para lo cual existen un gran número de medidas preventivas.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Agencia Estatal de Meteorología (AEMET). «Ayuda: Radiación Ultravioleta (UVI)».
2. Agenda Escolar 2007 Fauna Activa
3. Cabrera, S – Lissi, E., Radiación Ultravioleta y Salud, Universitaria-Chile, 2005, Chile
4. Enciclopedia Encarta.
5. Enciclopedia Wikipedia ([http://es.wikipedia.org/wiki/Capa de ozono](http://es.wikipedia.org/wiki/Capa_de_ozono))
6. ([http://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n ultravioleta](http://es.wikipedia.org/wiki/Radiaci%C3%B3n_ultravioleta) ).
7. Ferreyra, Eduardo. Ecología, Mitos Y Fraudes (.pdf) 2007
8. Libro: Comprender la Naturaleza, Salvar el Planeta, Editorial Edibook, S.A
9. Maduro y F. Schauerhammer. 1993. The Holes in the Ozone Scare.
10. Organización Mundial de la Salud (2003). «Índice UV solar mundial. Guía práctica.»
11. Rodolfo Rodríguez. “Compendio de talleres 2008: Comunicación, capacitación y educación sobre la conservación ambiental y cambio climático”, 2008

12. Teorema ambiental. Revista técnico Ambiental N°89, México a la cabeza en el reporte del índice UV- 2011.

13. <http://www.ecopibes.com/problemas/ozono/index.html>

14. <http://www.edunet.ch/activite/wall/encyclopedie/pagozono/principal.htm>