

RADIACIÓN ULTRAVIOLETA MEDIDA A NIVEL DE SUPERFICIE TERRESTRE EN EL AÑO 2003 EN CIUDAD JUÁREZ, CHIHUAHUA

MI Juan Ernesto Chávez Pierce¹ Dr. Héctor Quevedo Urías²
Dr. Victoriano Garza Almanza²

RESUMEN

A partir de enero del 2003 comenzó a monitorearse la radiación ultravioleta (UV) en Ciudad Juárez. La medición se realizó mediante el empleo de un sensor de precisión que detecta radiación ultravioleta con longitudes de onda de 290 a 390 nanómetros.

El objetivo de este estudio fue conocer la intensidad de la radiación ultravioleta a nivel de superficie, a lo largo de un año, durante las cuatro estaciones climáticas. Del análisis de los datos obtenidos se infiere que la radiación ultravioleta máxima diaria alcanzó, durante 4 meses del segundo y tercer trimestre del 2003, y de acuerdo a los criterios de la

organización Mundial de la Salud, el nivel de clasificación extrema.

1. INTRODUCCIÓN.

La radiación solar es un proceso físico mediante el cual se transmite energía en forma de ondas electromagnéticas. El espectro solar se divide en regiones, de acuerdo a su longitud de onda, que se extienden desde las billonésimas (rayos gamma) hasta los millares de metro (ondas de radio).

La región ultravioleta del espectro solar cubre el intervalo de los 100 a los 400 nanómetros ($1 \text{ nm} = 1 \times 10^{-9}$ metros) y se subdivide en tres bandas: UVA (longitudes de onda en el intervalo de 315 a 400 nm), UVB (longitudes de onda en

¹ Depto. Ciencias Básicas. Lab. Física. IIT. UACJ. juchavez@uacj.mx

² Maestría en Ing. Ambiental, IIT. UACJ.

el intervalo de 280 a 315 nm) y UVC (longitudes de onda en el intervalo de 100 a 280 nm) (Organización Mundial de la Salud (OMS), 2003).

El incremento en la radiación UV incidente en la superficie terrestre asociada con la disminución de la capa de ozono, es motivo de alarma ambiental dados sus efectos potencialmente adversos sobre la biósfera (ecosistemas terrestres y acuáticos, calidad del aire troposférico, salud humana e incluso el efecto dañino se extiende a ciertos materiales) (Madronich *et al.* 1998; Cordero *et al.* 2005 y Kudish *et al.* 2005).

Según la Organización Mundial de la Salud, los principales trastornos a la salud relacionados con la exposición excesiva a la radiación ultravioleta (OMS, 2003) son:

- a) Cáncer de piel.
- b) Envejecimiento prematuro de la piel.
- c) Cataratas y otros trastornos oculares.
- d) Inhibición del sistema inmunológico.

1.1. Principales factores que afectan la intensidad de la radiación ultravioleta a nivel de superficie terrestre.

La intensidad de la radiación ultravioleta que llega a la Tierra varía ampliamente alrededor del planeta y a través del tiempo. Los principales factores que ocasionan dicha variación son: la presencia de ozono en la estratósfera, la nubosidad, la hora del día, la época del año, la latitud y altitud del lugar, las partículas atmosféricas y el albedo terrestre.

La atenuación de la radiación solar no sólo se produce por absorción (ozono y partículas atmosféricas, principalmente), sino también por la denominada dispersión de Rayleigh (cuando un átomo re-emite la radiación electromagnética que ha incidido sobre éste, habitualmente no lo hace en la misma dirección de la radiación incidente, sino que emite luz en múltiples direcciones). En el fenómeno de dispersión, el fotón (partícula

fundamental de la radiación solar) es desviado de su dirección de propagación, lo que convierte al fenómeno en aleatorio, esto es, la probabilidad de que la radiación sea dispersada en cualquier dirección, no necesariamente hacia abajo, es equivalente y por lo tanto, no toda la radiación ultravioleta alcanza la superficie terrestre (Zagarese *et al.* 1998). Los principales factores que modifican la intensidad de la radiación UV en superficie que se relacionan con el fenómeno de dispersión son: la nubosidad y las partículas atmosféricas.

El aumento del ángulo zenital (dirección aparente entre el sol y la vertical del lugar) implica que la radiación tenga que atravesar una capa atmosférica más gruesa (por geometría básica), y por ende, su atenuación al llegar a la superficie terrestre es mayor (Zagarese *et al.* 1998). El ángulo zenital se vincula con factores que modifican la

intensidad de la radiación UV incidente en la superficie terrestre tales como la hora del día, la época del año y la latitud del lugar. De manera similar, a mayor altitud los rayos solares cruzan secciones atmosféricas más delgadas antes de llegar al suelo, con menor oportunidad de encontrar en su camino elementos reductores de la radiación.

La superficie terrestre refleja parte de la radiación UV recibida hacia la atmósfera, donde a su vez puede ser reenviada nuevamente hacia la tierra por la acción reflexiva de partículas suspendidas en la atmósfera, incrementándose el flujo radiativo (Webb, 2000).

1.2. Aspectos relevantes del interés histórico por la radiación ultravioleta.

Una de las primeras manifestaciones del interés por la radiación UV (particularmente en su banda B) ocurrió en la primera mitad del siglo XX, por sus

aportes a la cura del raquitismo. (Webb, 2000).

En la década de los cincuentas, del siglo pasado, fueron hechas mediciones de radiación UV en diferentes lugares de Suiza por un periodo de varios años, dejando constancia de los principales factores que afectan su intensidad a nivel superficie terrestre (Webb, 2000).

A partir de 1978 la NASA monitorea satelitalmente, a través del *Total Ozone Mapping Spectrometer* (TOMS), los niveles globales de ozono estratosférico. Esta información, desde entonces, ha sido empleada para estimar la radiación UV incidente en superficie.

En 1985, mediante "El Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono", se convino en adoptar medidas apropiadas para proteger la salud humana y el medio ambiente contra los efectos adversos resultantes o que puedan resultar de las actividades humanas que

modifiquen o puedan modificar la capa de ozono (las medidas no se especifican). El principal cometido del Convenio era alentar la investigación, la cooperación entre los países y el intercambio de información (PNUMA, 2001).

A mediados de la última década del siglo pasado, la Organización Mundial de la Salud (OMS), las Naciones Unidas por conducto del Programa de las Naciones Unidas Para la Protección del Medio Ambiente (PNUMA), la Comisión Internacional Para la Protección de la Radiación No Ionizante (CIPNRI) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM) estandarizan y promueven mundialmente el empleo del índice ultravioleta (IUV) como un indicador de los efectos potencialmente adversos a la salud, medido en una escala de 1 al 11 o mayor (el índice UV se representa mediante un valor entero), categorizado según el riesgo que la exposición solar

pueda traer a la salud (bajo, moderado, alto, muy alto y extremo) y codificado mediante colores (OMS, 2003), como lo muestra la figura 1.

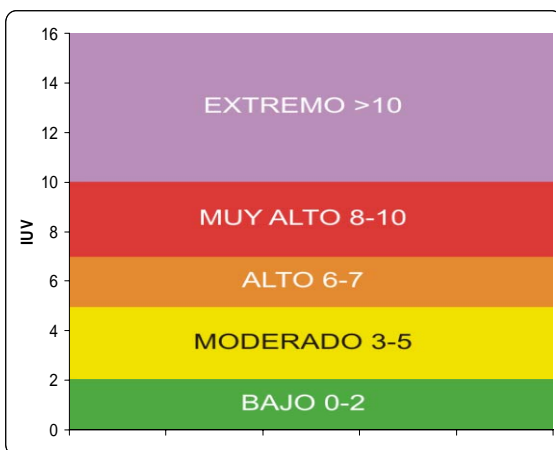


Figura 1. IUV mundial estandarizado, promovido, categorizado y codificado por la OMS.

En 1997, el Sistema de Monitoreo Atmosférico (SIMAT) de México inició la medición de la radiación UV en la zona metropolitana del Distrito Federal. Con esta información se elabora el IUV, el cual se transmite cada hora desde entonces, con el fin de proteger la salud de la población (SIMAT, 2005).

Actualmente con cobertura global, el IUV regional, puede consultarse vía

Internet, por citar un ejemplo, El Canal del Tiempo ofrece esta posibilidad.

1.3. Planteamiento del problema.

En los últimos años, la intensidad de la radiación UV que llega a la superficie terrestre se ha incrementado a consecuencia del adelgazamiento de la capa de ozono estratosférico, debido principalmente, a la emisión de compuestos clorofluorcarbonados a la atmósfera durante varias décadas.

De tal incremento se ha venido generando un aumento mundial en la incidencia de casos de cáncer de piel y cataratas, entre otros problemas, viéndose así afectada la salud humana. Tan sólo en Estados Unidos de Norteamérica se diagnosticaron, en el año 2003, más de un millón de casos de cáncer cutáneo (Glanz y Mayer, 2005) y muere por esta causa, una persona cada hora (Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos (EPA), 2001).

El impacto potencialmente nocivo de la radiación UV a la salud humana hace de este problema ambiental, un problema global. Sin embargo, dado que la radiación UV que se recibe en superficie es altamente variable, según las características geográficas, climáticas y nivel de contaminación superficial de cada localidad en particular, este tipo de radiación debe ser monitoreada, analizada e informada a la población localmente.

Desde otra perspectiva, la radiación UV que llega a la superficie terrestre puede ser inferida a partir de métodos que incluyen el uso de mediciones satelitales y diversos modelos radiativos. Estos métodos son indirectos y, por consecuencia, se requiere de ciertos supuestos dada la alta variabilidad de las características de algunos parámetros atmosféricos (por ejemplo: nubosidad, partículas atmosféricas y albedo terrestre) que influyen directamente en la

intensidad de la radiación a nivel de suelo. Lo anterior complica la medición y promueve la medición directa, en sitio, a nivel superficie terrestre (Fioletov *et al.* 2002).

En Cd. Juárez, como en muchas otras regiones del planeta, el monitoreo permanente y estudio de la radiación UV a nivel superficie es de especial interés ante los antecedentes globales del problema y las características particulares de la localidad. Entre éstas:

Cd. Juárez, (1) cuenta con una población superior a 1.2 millones, donde aproximadamente el 40% son menores de 19 años (población considerada por la OMS como altamente sensible a los problemas de salud ocasionados por la exposición excesiva a los rayos solares) (INEGI, 2000), (2) con precipitación media anual inferior a los 250 mm (lo que se traduce en un alto número de horas-sol y por lo tanto escasa nubosidad) (Área de

metereología de la UACJ, 2005), (3) con una altitud mínima de 1100 msnm (Centro de Información Geográfica de la UACJ, 2005) y (4) un alto parque vehicular asociado al tamaño de la población y las facilidades para adquirir un automóvil en la franja fronteriza (emisiones a la atmósfera propias de los motores de combustión interna).

Lo anterior son algunas de las condiciones propias de Cd. Juárez, pero más importante aún, basta con que una persona de la comunidad se vea amenazada en su vida o salud para que el estudio esté plenamente justificado.

1.4. Objetivos.

1.4.1. Objetivo general.

El objetivo primario de este estudio fue identificar y caracterizar la intensidad de la radiación UV a nivel de superficie en Cd. Juárez durante el primer año de su medición (2003).

1.4.2. Objetivos particulares.

El estudio tuvo como objetivo particular el organizar los datos crudos de radiación UV con que cuenta el Área de Meteorología del Instituto de Ingeniería y Tecnología (IIT) de la Universidad Autónoma de Cd. Juárez (UACJ) en su primer año de medición. Otro objetivo es el de promover la medición permanente de la radiación UV en la localidad e informar de esta a la población.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

La medición de la radiación ultravioleta recibida en superficie en Cd. Juárez, durante el año 2003, se realizó a través de un sensor UV de medición continua, marca *Davis Instruments* modelo 7841, instalado en el Instituto de Ingeniería y Tecnología de la UACJ (31°34' latitud N, 106°31' longitud W, altitud 1135 msnm), y consola digital de la misma marca, modelo *Health*

EnviroMonitor (figura 2). El sistema detecta y registra la radiación UV en el rango espectral que va desde los 290

hasta los 390 nm, cubriendo prácticamente todo el rango espectral de la radiación UVB y UVA (figura 2).



Figura 2. Equipo de monitoreo.

El periodo de medición abarca desde la puesta en operación del sensor (9 de enero de 2003) hasta el 31 de diciembre de 2003. Con la ayuda de una computadora portátil se recuperaron mensualmente, en forma de texto, los datos crudos de radiación UV almacenados en la memoria del sistema. Los datos que se obtuvieron del registro del sistema están dados en MED/Hora (MED: dosis mínima requerida para que la piel adquiriera una coloración rojiza =

210 joules / m²) con frecuencia horaria. El sistema tiene la capacidad de mostrar, a través de la consola digital de monitoreo, la intensidad de la radiación UV en MED/Hora o como Índice Ultravioleta (IUV). Este sistema utiliza un factor de conversión de 2.332 [(MED/Hora * 2.332= 1 IUV), mismo que se emplea en este estudio.

La información recopilada del sistema se transfirió a una hoja electrónica de cálculo para su manejo estadístico

descriptivo y análisis posterior. Dicha información se organizó por mes, para los 12 meses del año, cada mes se desglosó en sus 28, 30 o 31 días, y éstos a su vez para sus 24 horas. El horario incluido en este trabajo corresponde a tiempo local. En la presentación de resultados de este estudio, se excluye del rango de horas-sol por día la fracción de hora que pueda ocurrir inmediatamente después del amanecer o la fracción de hora que antecede al ocaso, con el fin de evitar errores en la medición.

Los datos de radiación UV incidente en la superficie de Cd. Juárez en el período 2003, se presentan en este estudio a través de formatos tabulares con frecuencia horaria o diaria dentro de una organización mensual. En dichos arreglos, el término “media” (media = media aritmética) se refiere a la media aritmética 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.

3. RESULTADOS

Los resultados se muestran a través de arreglos tabulares de datos de radiación ultravioleta incidente a nivel de superficie, en Cd. Juárez, Chih., con frecuencia horaria o diaria dentro de una organización mensual, cubriendo el periodo del 9 de enero (inicio de la medición) al 31 de diciembre de 2003.

3.1. Radiación UV horaria.

Las tablas 1 y 2 muestran el promedio mensual de la radiación UV en sus vertientes media y máxima por hora para

los 12 meses del año 2003. En cada caso,

aparece sombreada la máxima horaria

HORA LOCAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
7-8			0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	0.1		0.2	
8-9	0.3	0.4	0.7	0.4	0.8	0.8	0.7	0.6	0.5	0.5	0.5	0.3
9-10	0.7	0.9	1.4	0.8	1.5	1.6	1.6	1.4	1.1	1.0	1.0	0.6
10-11	1.2	1.4	2.1	1.5	2.5	2.6	2.6	2.4	2.1	1.6	1.5	1.0
11-12	1.6	1.8	2.7	2.3	3.6	3.6	3.7	3.5	3.1	2.3	1.7	1.3
12-13	1.7	2.0	2.8	3.0	4.1	4.3	4.5	4.2	3.6	2.6	1.8	1.3
13-14	1.5	1.7	2.4	3.3	4.1	4.4	4.7	4.1	3.7	2.4	1.4	1.1
14-15	1.0	1.2	1.7	3.4	3.5	3.8	4.1	3.6	3.1	1.9	0.8	0.7
15-16	0.6	0.7	0.9	2.9	2.6	2.8	3.0	2.6	2.2	1.2	0.4	0.3
16-17	0.2	0.3	0.4	2.0	1.6	1.8	1.9	1.6	1.2	0.6	0.2	0.2
17-18			0.2	1.2	0.8	0.9	0.9	0.8	0.5	0.2		
18-19				0.6	0.4	0.4	0.4	0.4	0.1			
19-20						0.2	0.1					

Tabla 1. Promedio mensual de radiación UV media por hora en MED/Hr. (2003).

HORA LOCAL	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
7-8			1.1	0.9	0.7	1.2	1.1	0.9	0.7		0.7	
8-9	1.1	1.4	2.4	1.3	1.8	2.6	2.6	2.2	1.8	1.6	1.7	1.0
9-10	2.2	2.8	4.3	2.6	3.6	4.9	4.9	4.5	3.7	3.1	3.1	2.0
10-11	3.4	4.3	6.1	4.6	5.9	7.5	7.6	7.3	6.4	4.9	4.1	2.8
11-12	4.1	5.0	7.1	6.6	8.4	9.6	10.1	9.6	8.6	6.2	4.5	3.1
12-13	4.2	5.6	7.3	8.1	9.5	10.6	11.3	10.7	9.3	6.7	4.6	3.2
13-14	3.9	5.2	6.7	8.6	9.5	10.5	11.4	10.7	9.5	6.3	3.8	2.8
14-15	2.9	3.7	5.1	8.7	8.3	9.9	10.8	9.8	8.5	5.4	2.6	2.1
15-16	1.8	2.2	3.2	7.8	6.1	8.1	8.7	8.0	6.5	3.9	1.4	1.2
16-17	0.8	1.1	1.5	6.0	3.8	5.5	5.8	5.4	3.9	2.0	0.6	0.6
17-18			0.6	3.8	1.9	3.2	3.2	2.7	1.9	0.8		
18-19				2.0	0.8	1.4	1.3	1.2	0.6			
19-20						0.6	0.5					

Tabla 2. Promedio mensual de radiación UV máxima por hora, medida como IUUV. (2003).

3.2. Radiación UV diaria.

La tabla 3 resume la radiación UV máxima diaria, medida como IUV. En la

tabla los valores sombreados representan la máxima mensual.

DÍA	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC
1		4.2	5.6	8.9	9.8	9.8	11.4	10.0	10.7	8.2	5.4	4.0
2		4.7	6.3	9.1	10.5	10.5	11.2	11.4	11.2	7.7	5.6	3.3
3		4.9	6.8	8.2	11.0	10.3	11.4	11.2	11.0	8.4	5.4	3.7
4		5.6	6.3	8.4	10.7	10.0	11.4	11.2	10.3	8.9	5.1	3.5
5		3.3	6.3	8.6	10.0	10.0	11.2	11.2	10.0	8.2	4.9	3.5
6		4.9	6.3	8.4	9.8	10.3	11.2	12.1	10.0	7.9	5.1	3.5
7		5.4	7.0	8.2	11.0	10.0	11.2	11.0	10.7	5.6	5.1	3.5
8		4.2	7.2	8.2	10.3	10.5	11.7	11.0	10.3	7.9	4.9	3.5
9	4.0	5.1	7.9	9.1	10.5	10.0	11.9	11.0	10.5	9.6	4.9	3.5
10	4.0	5.1	6.8	3.5	11.2	10.5	11.9	11.2	11.2	7.5	5.4	3.5
11	3.5	5.6	7.2	8.4	12.4	10.7	12.4	11.7	10.5	8.2	5.6	3.3
12	4.2	6.1	7.0	9.3	11.0	11.4	11.2	11.0	9.6	9.6	4.2	3.0
13	4.2	6.8	7.2	9.6	11.0	10.5	11.4	11.4	10.0	8.2	6.1	2.8
14	4.2	7.5	7.7	11.0	12.6	9.3	11.2	9.3	9.6	7.7	3.5	3.3
15	4.7	6.1	7.7	5.6	10.0	9.8	11.2	10.0	9.3	7.2	4.9	2.3
16	4.2	6.3	8.2	10.7	11.0	9.6	11.7	11.2	9.6	7.2	4.4	2.8
17	4.2	7.0	9.6	11.2	12.1	10.5	12.1	11.0	9.3	6.8	4.2	3.3
18	4.2	6.8	7.2	10.0	11.7	10.3	11.4	11.2	9.1	6.5	4.7	3.3
19	4.0	6.5	7.0	10.0	10.7	10.7	11.4	10.7	8.9	6.5	4.4	3.3
20	4.2	4.9	7.0	9.8	11.0	11.2	11.0	10.5	8.9	6.3	4.7	3.0
21	4.2	5.8	6.1	9.3	11.4	11.2	10.7	10.5	8.9	6.5	4.9	3.0
22	4.2	6.5	7.0	9.3	11.4	11.9	11.2	11.0	7.9	6.3	4.4	3.0
23	4.7	6.1	7.7	8.4	11.4	11.7	11.2	10.3	10.3	5.8	3.7	2.8
24	4.2	5.6	8.2	9.1	10.3	11.4	11.7	10.3	9.8	5.8	4.9	3.0
25	4.2	6.5	8.2	9.1	10.5	11.2	10.7	9.8	9.8	5.1	3.7	3.5
26	4.2	6.5	8.6	9.3	9.6	11.0	11.4	10.5	8.6	5.1	3.7	3.5
27	4.2	5.8	8.4	9.6	9.8	10.5	11.2	10.3	8.4	5.8	3.7	3.3
28	4.2	6.3	7.5	9.8	10.7	10.5	12.4	11.9	8.4	6.3	3.7	2.8
29	4.2		6.5	11.2	10.3	11.0	12.1	11.2	8.4	5.8	4.0	2.8
30	4.2		7.7	9.8	10.0	11.0	11.2	10.7	8.2	4.2	4.0	3.3
31	4.4		8.2		10.0		11.9	11.2		4.9		2.6

Tabla 3. Radiación UV máxima diaria, medida como IUV (2003).

En la tabla 4 se observa el número de registros por mes correspondientes a la radiación UV máxima diaria en relación con su hora de ocurrencia.

	HORA LOCAL					
	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16
ENE		15	23			
FEB		11	21	4		
MAR		15	31	1		
ABR	1	3	18	21	1	
MAY			22	20	1	
JUN			29	24		
JUL			13	29		
AGO			15	25	1	
SEP		1	21	24		
OCT	1	6	23	15	1	1
NOV		27	27			
DIC	3	27	28	2		

Tabla 4. Número de registros por mes de la radiación UV máxima diaria y su hora de ocurrencia en el año 2003.

4. DISCUSION

La radiación UV máxima en sus diversas expresiones, media por hora, máxima por hora y máxima diaria, ocurre alrededor del medio día solar a lo largo de todo el periodo de medición (2003). La radiación UV recibida en el lapso de las tres horas centrales del día solar, representa en promedio, el 49.2% de la energía UV solar media que llega a

superficie diariamente. La tabla 5 particulariza la distribución temporal anterior.

MES	ACUMULADO DIARIO	11-14 Hrs.	12-15 Hrs.	% TOTAL
		T. LOCAL	T. LOCAL	
ENE	8.9	4.9		55.1
FEB	10.3	5.5		53.4
MAR	15.6	7.9		50.6
ABR	21.6		9.7	44.9
MAY	25.8		11.7	45.3
JUN	27.3		12.4	45.4
JUL	28.5		13.3	46.7
AGO	25.5		11.9	46.7
SEP	21.4		10.5	49.1
OCT	14.2		6.9	48.6
NOV	9.5	4.9		51.6
DIC	6.8	3.6		52.9

Tabla 5. Distribución temporal promedio de la radiación UV acumulada en las tres horas centrales de un día solar en MED/Hr en el año 2003.

Para ejemplificar, la figura 3 describe la distribución temporal acumulada de la radiación UV media por hora medida en superficie en MED/Hora que caracteriza a un día típico del tercer trimestre de 2003. En general, la diferencia de ordenadas entre dos puntos de la curva es indicativa de la acumulación intrahoraria, mientras que la pendiente de la línea de interconexión entre dos puntos indica la magnitud relativa de acumulación para esa hora. El gráfico muestra el número de

horas-sol por día-mes (no incluye la fracción de hora que ocurre después del amanecer ni antes del ocaso). En esta figura se observa, para un día típico del mes de julio de 2003 : (1) la radiación UV acumulada total asciende aproximadamente a 29 MED/Día; (2) la radiación UV recibida en superficie entre las 12 y las 15 horas es de aproximadamente 13 MED (13 MED/3 Hr.); (3) la suavidad relativa de la pendiente de las líneas de interconexión, después de las 16 horas, al igual que antes de las 10 horas, indica que la intensidad de la radiación UV en tales intervalos es menos significativa (7 horas, con acumulación aproximada del 21%) que para el resto del día solar (6 horas, con acumulación promedio del 79%), donde la pendiente es más pronunciada; (4) el número de horas-sol (sin incluir la fracción de hora que ocurre después del

amanecer y antes del ocaso) por día para este mes es de 13 (figura 3).

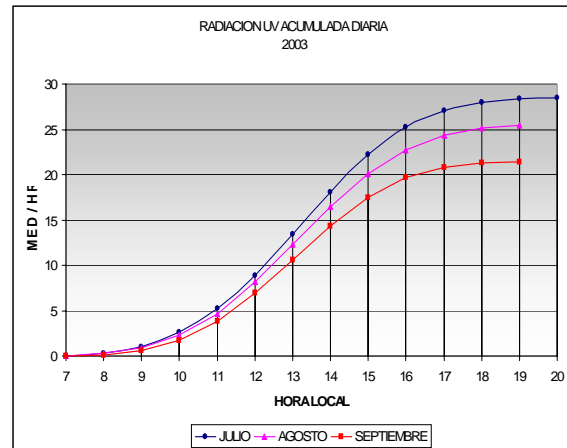


Figura 3. Radiación media acumulada por hora para un día solar del tercer trimestre de 2003.

La Organización Mundial de la Salud, 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, desde mediados de la década anterior, promueven la estandarización y difusión del Índice Ultravioleta solar mundial (IUV) como medida de la intensidad de la radiación UV en la superficie terrestre (OMS,

2003). Cuanto más alto es el Índice, mayor es el riesgo potencial a la salud humana (problemas cutáneos, oculares y de inmunodeficiencia) (OMS, 2003). Ver figura 1.

En la tabla 6 se hace referencia al nivel de riesgo para la salud por exposición a la radiación UV establecido por la OMS,

para el segundo y tercer trimestre de 2003 en Cd. Juárez, a partir del IUV del promedio mensual de la media horaria. De abril a septiembre el nivel de riesgo alcanzó la clasificación de muy alto durante 3.2 horas (por día), en promedio, alrededor del medio día solar.

2003	RUV		RIESGO A LA SALUD															RUV		2003	RUV		RIESGO A LA SALUD															RUV	
	PROMEDIO MENSUAL DE LA MEDIA HORARIA															PROMEDIO MENSUAL DE LA MEDIA HORARIA																							
	ABRIL					MAYO					JUNIO					JULIO					AGOSTO					SEPTIEMBRE													
HORA LOCAL	BAJO	MODERADO	ALTO	MUY ALTO	EXTREMO	BAJO	MODERADO	ALTO	MUY ALTO	EXTREMO	BAJO	MODERADO	ALTO	MUY ALTO	EXTREMO	HORA LOCAL	BAJO	MODERADO	ALTO	MUY ALTO	EXTREMO	BAJO	MODERADO	ALTO	MUY ALTO	EXTREMO	BAJO	MODERADO	ALTO	MUY ALTO	EXTREMO								
7-8																7-8																							
8-9																8-9																							
9-10																9-10																							
10-11																10-11																							
11-12																11-12																							
12-13																12-13																							
13-14																13-14																							
14-15																14-15																							
15-16																15-16																							
16-17																16-17																							
17-18																17-18																							
18-19																18-19																							
19-20																19-20																							
20-21																20-21																							

Tabla 6. Clasificación por hora de la radiación UV media según el riesgo a la salud de acuerdo al criterio de la OMS. Segundo y tercer trimestre de 2003.

En la tabla 7 se consigna la clasificación del riesgo a la salud de la OMS referida al promedio mensual de la radiación UV máxima por hora. De esta información debe destacarse que, únicamente, durante los meses de enero,

noviembre y diciembre el nivel de riesgo por hora fue consistentemente bajo o moderado, en contraste, en los meses de junio, julio y agosto, día a día y cuando menos por un periodo de dos horas del

día solar, el nivel de radiación fue

extremo.

Tabla 7. Promedio mensual por hora, como IUUV, de la radiación UV máxima y su clasificación según la OMS.

HORA LOCAL	7-8	8-9	9-10	10-11	11-12	12-13	13-14	14-15	15-16	16-17	17-18	18-19	19-20
ENE		1 B	2 B	3 M	4 M	4 M	4 M	3 M	2 B	1 B			
FEB		1 B	3 M	4 M	5 M	6 A	5 M	4 M	2 B	1 B			
MAR	1 B	2 B	4 M	6 A	7 A	7 A	7 A	5 M	3 M	1 B	1 B		
ABR	1 B	1 B	3 M	5 M	7 A	8 MA	9 MA	9 MA	8 MA	6 A	4 M	2 B	
MAY	1 B	2 B	4 M	6 A	8 MA	9 MA	9 MA	8 MA	6 A	4 M	2 B	1 B	
JUN	1 B	3 M	5 M	7 A	10 MA	11 E	11 E	10 MA	8 MA	5 M	3 M	1 B	1 B
JUL	1 B	3 M	5 M	8 MA	10 MA	11 E	11 E	11 E	9 MA	6 A	3 M	1 B	1 B
AGO	1 B	2 B	4 M	7 A	10 MA	11 E	11 E	10 MA	8 MA	5 M	3 M	1 B	
SEP	1 B	2 B	4 M	6 A	9 MA	9 MA	10 MA	8 MA	7 A	4 M	2 B	1 B	
OCT		2 B	3 M	5 M	6 A	7 A	6 A	5 M	4 M	2 B	1 B		
NOV	1 B	2 B	3 M	4 M	5 M	5 M	4 M	3 M	1 B	1 B			
DIC		1 B	2 B	3 M	3 M	3 M	3 M	2 B	1 B	1 B			

B (baja), M (moderada), A (alta), MA (muy alta) y E (extrema)

La tabla 8 describe la radiación UV máxima diaria, como promedio mensual, enmarcada por la clasificación del riesgo a la salud de la OMS y su ocurrencia mensual. Adicionalmente, se muestran las máximas absolutas mensuales, así como aquéllas que siendo máximas diarias son las de menor magnitud dentro del periodo mensual correspondiente.

De la distribución anterior se distinguen los meses de mayo a agosto y particularmente el mes de julio, donde los 31 días del mes presentaron una radiación UV máxima, considerada por la OMS como extrema. Durante los meses de mayo, junio y agosto se registró una radiación UV máxima diaria considerada como extrema en 20, 19 y 24 días, respectivamente.

IUV												
2003	EXTREMA >10		MUY ALTA 8 - 10		ALTA 6 - 7		MODERADA 3 - 5		BAJA 0 - 2		MAX	MIN
	PROM	DIAS	PROM	DIAS	PROM	DIAS	PROM	DIAS	PROM	DIAS		
ENE							4.2	23			4.7	3.5
FEB			8.0	1	6.2	17	4.7	10			7.5	3.3
MAR			8.1	13	6.7	18					9.6	5.6
ABR	11.0	4	9.1	24	6.0	1	3.5	1			11.2	3.5
MAY	11.2	20	10.0	11							12.6	9.6
JUN	10.9	19	9.9	11							11.9	9.3
JUL	11.5	31									12.4	10.7
AGO	11.1	24	10.0	7							12.1	9.3
SEP	10.8	7	9.3	23							11.2	7.9
OCT			8.3	13	6.3	14	4.8	4			9.6	4.2
NOV					5.8	3	4.5	27			6.1	3.5
DIC							3.2	30	2.3	1	4	2.3

Tabla 8 . Intensidad promedio (IUV), clasificación OMS, frecuencia y rango de la radiación UV máxima diaria. Medida en superficie en el 2003 en Cd. Juárez, Chihuahua.

5. CONCLUSIÓN.

De la caracterización de la radiación UV incidente en superficie en el año 2003 en Cd. Juárez, Chihuahua, presentada en este estudio, el segundo y tercer trimestre del año resultan especialmente significativos dados los muy altos niveles

de radiación UV registrada en el periodo. En este aspecto, sobresale el mes de julio, durante el cual y de manera consistente (particularmente en torno al medio día solar) la radiación UV, dentro de la clasificación de riesgo a la salud de la OMS, fue extrema (figura 4).

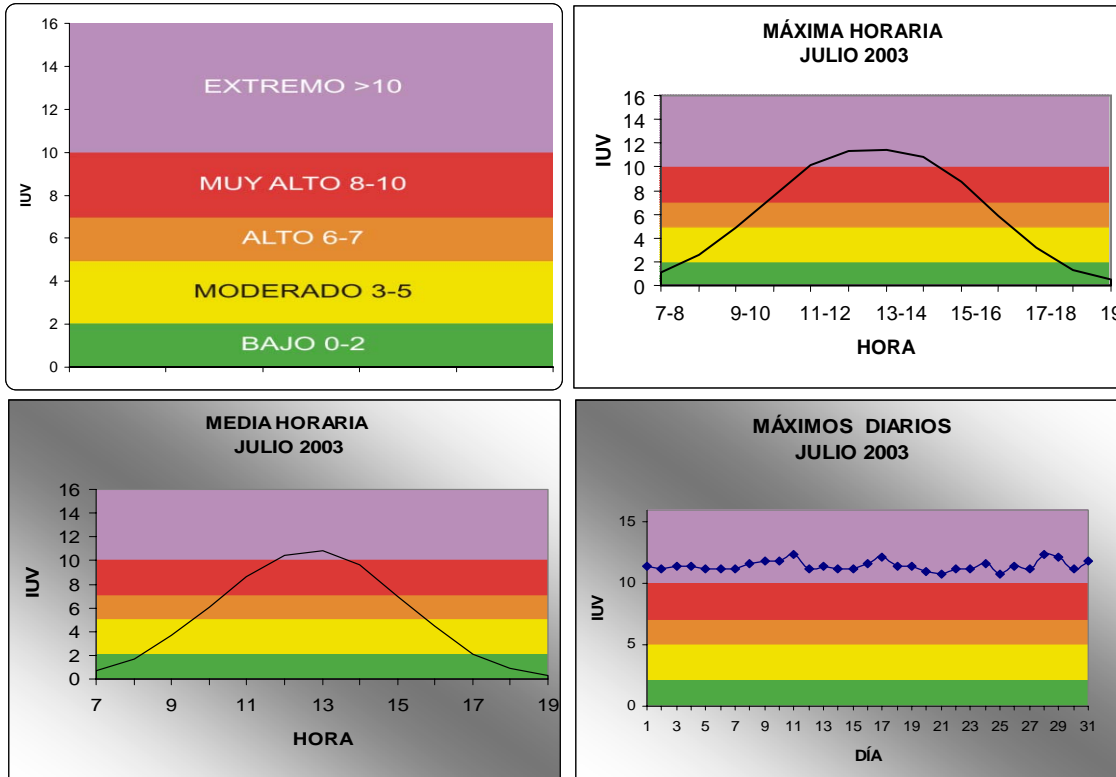


Figura 4. El gráfico muestra la radiación UV recibida a nivel de suelo en Cd. Juárez, Chihuahua, México, en tres de sus vertientes, durante el mes de julio de 2003, y su clasificación en función de los criterios de la OMS.

REFERENCIAS

Organización Mundial de la Salud (OMS). Índice UV Solar Mundial (2003). [<http://www.who.int/uv/publications/en/uv-vispa.pdf>; última consulta: octubre 2006].

Kudish, A., Lyubansky, V., Evseev, E., Ianetz, A., Inter-comparison of the solar UVB, UVA and global radiation clearness for Beer Sheva and Neve Zohar, Israel, *Energy* 2005; 30:1623-1641.

Madronish, S., McKenzie, R.L., Bjorn, L.O., Caldwell, M., Changes in Biologically Active Ultraviolet Radiation Reaching the Earth's Surface, *Photochemistry and Photobiology* 1998;46:5-19.

Cordero, R., Roth, P., Georgiev, A., DaSilva, L., *Climatology of Surface Ultraviolet-radiation in Valparaiso, Chile, Energy Conversion and Management* 2005; 46:2907-2918.

Zagarese, H., Cravero, W., *Efectos de la Radiación Ultravioleta Sobre los Ecosistemas Acuáticos, Ciencia Hoy* 1998; 8:45.

Webb, A., *Ozone Depletion and Changes in Environmental UVB Radiation*, in: Hester, R., Harrison, M. (Editors), *Environmental Science and Technology* 2000.

Herman, J., McKenzie, R., Díaz, S., Kerr, J., Madronich, S., Seckmeyer, G., *Ultraviolet Radiation on Earth's Surface*,

in: Albriton, D., Aucamp, P., Watson, R. (Editors) Scientific Assessment of Ozone Depletion, 1998, WMO, Geneva.

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono 2001.
[<http://www.unep.ch/Ozone/pdfs/viennatext-sp.pdf>; última consulta: junio 2006].

National Aeronautics and Space Administration (NASA). Total Ozone Mapping Spectrometer (Nimbus 7, 1978-1993).
[http://toms.gsfc.nasa.gov/n7toms/nim7toms_v8.html; última consulta: junio 2006].

Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), Convenio de Viena para la Protección de la Capa de Ozono 2001.
[<http://www.unep.ch/Ozone/pdfs/viennatext-sp.pdf>; última consulta octubre 2006].

Sistema de Monitoreo Atmosférico (SIMAT). Historia del SIMAT (2005).
[<http://www.sma.df.gob.mx/simat/pnhistoria.htm>; última consulta: junio 2006].

Glanz, K. and Mayer, J., Reducing Ultraviolet Radiation Exposure to Prevent Skin Cancer, American Journal of Preventive Medicine (2005); 29:2, pp 131-142.

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA). El Sol, la Radiación Ultravioleta y Usted (2001).
[<http://www.epa.gov/docs/sunwise/doc/uv+uspan.pdf>; última consulta: junio 2006].

Fioletov, V.E., Kerr, J., McArthur, J., Wardle, D. Estimating UV Index Climatology Over Canada, Journal of Applied Meteorology (2002); 42:417-433.

