

MEDICIONES DE LA RADIACIÓN SOLAR UVB Y PREDICCIÓN DE LA RADIACIÓN SOLAR UV ERITÉMICA BAJO CIELOS CLAROS Y SIN NUBES

Enrique D. Albizzati¹, Germán H. Rossetti^{1,2} y Orlando M. Alfano²

(1) Facultad de Ingeniería Química - Universidad Nacional del Litoral
Santiago del Estero 2654 - 3000 - Santa Fe – Argentina
Teléfono : 0342 4571160 - Email: albizzati@fiqus.unl.edu.ar

(2) INTEC (CONICET- Universidad Nacional del Litoral)
Güemes 3450 - 3000 - Santa Fe – Argentina
Teléfono : 0342 45559176 - Email: oalfano@ceride.gov.ar

RESUMEN

Radiaciones solares UVB horizontales se miden con un radiómetro, y se predicen con un modelo parametrizado, en la ciudad de Santa Fe. Las mediciones se realizan para diferentes ángulos cenitales, en días de cielos claros y sin nubes. Se analiza la influencia de la capa de ozono, de los aerosoles y de la distancia Tierra-Sol sobre las componentes de la radiación UVB global. Luego se calculan las radiaciones UV eritémicas global, directa y difusa. En el solsticio de verano se estima el UV solar usando relaciones entre las radiaciones UVB y las radiaciones UV eritémicas. Finalmente se presenta una ecuación simple para encontrar el índice ISUV con valores de la radiación solar UVB medidos.

PALABRAS CLAVE: Ultravioleta - Solar – Eritémica – Radiación.

INTRODUCCIÓN

Las radiaciones solares UV comprenden una pequeña parte del espectro solar, pero cuando inciden sobre la superficie terrestre pueden ocasionar daños sustanciales en los tejidos vivos y en los materiales. Las radiaciones solares UVB y U-A que se reciben en la Tierra son fuertemente afectadas por la concentración de ozono estratosférico y por las condiciones climáticas y ambientales particulares de cada región del planeta. La denominada radiación solar UVC, que posee las longitudes de onda más cortas y de mayor contenido energético es absorbida completamente en la atmósfera por el gas ozono, por debajo de la longitud de onda igual a 280 nm. El ozono también bloquea gran parte de la radiación UVB (280-320 nm) y en menor medida la radiación UVA (320 -400 nm).

Las radiaciones solares UV en un determinado lugar geográfico dependen de la distancia entre la Tierra y el Sol, la que varía a lo largo del año, y del ángulo cenital. Además del ozono, son afectadas por los aerosoles presentes en la atmósfera. La concentración del ozono en la atmósfera varía con la latitud, este gas se forma mayoritariamente en la zona ecuatorial, y aumenta su concentración hacia los polos.

Es ampliamente conocido que se ha verificado una disminución de la cantidad de ozono estratosférico debido a las reacciones químicas provocadas por los gases clorofluorocarbonados (World Meteorological Organization, 1991; World Meteorological Organization, 1994). Dicho adelgazamiento de la capa de ozono, ha provocado un aumento en los valores de las radiaciones solares UV incidentes sobre la Tierra, siendo especialmente preocupante el aumento de las radiaciones UVB, que son las que producen los mayores daños en los seres vivos. Debido a ello se han realizado estudios, mediciones y modelizaciones de las radiaciones UV solares para la región Litoral-Centro de la República Argentina (Piacentini y otros, 1995; Piacentini y Herman, 1996; Piacentini y otros, 1997; Luccini y otros, 1998; Piacentini y otros, 1999; Piacentini y otros, 2002)

Por otra parte los aerosoles dispersan y absorben las radiaciones solares en forma diferente a lo largo del espectro. Para determinar el efecto de la presencia de aerosoles en la atmósfera, se puede utilizar la fórmula de Angström (Iqbal, 1983). En la misma el coeficiente de turbidez (β) depende de la cantidad de aerosoles presentes, y sus valores típicos varían entre 0 (atmósfera libre de aerosoles), y 0,20 (cielo muy turbio). El exponente (α) es función del tamaño de los aerosoles y sus valores máximo y mínimo típicos son 1,8 y 0,8 respectivamente, decreciendo a medida que aumenta el tamaño de las partículas

Los daños que en el ser humano producen las radiaciones solares UV pueden ser quemaduras, dermatosis y envejecimiento en la piel, melanomas y carcinomas, inflamaciones y cataratas en los ojos, o alteraciones en el sistema inmunológico. Es de

gran interés determinar el riesgo en relación a que la exposición a los rayos solares provoque enrojecimiento e inflamación de la piel humana (eritema). Este efecto es cuantificado por medio del espectro de acción (McKinlay y Diffey, 1987), y ha sido adoptado, entre otros organismos, por la Organización Meteorológica Mundial y la Organización Mundial de la Salud. Las radiaciones solares UV eritémicas son las resultantes de la combinación del espectro de acción y de las radiaciones solares UV incidentes.

Para expresar numéricamente el efecto eritémico de las radiaciones solares se aplica el índice solar ultravioleta (ISUV). Este índice se calcula multiplicando por 0,040 la radiación solar eritémica expresada en mW/m^2 . La escala es directamente indicativa de los riesgos de exposición a la radiación solar UV. Si el valor del índice es: menos de 2 (mínimo), 2-4 (bajo), 4-6 (moderado), 6-8 (alto), 8-10 (muy alto) y mayor a 10 (extremo).

En este trabajo se utilizan determinaciones experimentales y el modelo parametrizado de Gueymard (1995) para conocer valores típicos las radiaciones solares en el plano horizontal (UVB y UV eritémica) e índice ISUV, en la ciudad de Santa Fe. Las mediciones se realizan en días de fines de primavera y en verano, después del mediodía, con cielos claros y prácticamente sin nubes. Se abarcan ángulos cenitales que van desde 12° hasta 85° .

En una primera etapa se comparan los valores de la radiación global UVB obtenidos con el modelo y las mediciones realizadas. Las comparaciones se efectúan con el fin de establecer el intervalo de longitudes de onda en el que efectivamente mide el radiómetro, International Light modelo Solar UV, empleado. Simultáneamente se realizan mediciones de la radiación global en todo el espectro solar mediante un piranómetro Kipp & Zonen modelo CM 11.

Luego se aplica el modelo de predicción para calcular las radiaciones solares UV eritémicas global, directa y difusa. Se obtiene la variación de las radiaciones eritémicas con el ángulo cenital, y se analiza la influencia de los distintos valores de la capa de ozono, de la turbidez atmosférica y de la distancia Tierra-Sol. Asimismo considerando condiciones de mínimo espesor de la capa de ozono y de la turbidez, se predice el índice ISUV durante el día 21 de diciembre, bajo la hipótesis que en esas condiciones se alcanzarán valores de las radiaciones solares eritémicas cercanos a los máximos esperables para la ciudad de Santa Fe. Por último con los resultados correlacionados del modelo y las mediciones se elabora una correlación útil para estimar el índice ISUV a partir de la radiación solar UVB que puede medirse con el instrumento International Light modelo Solar UV.

MODELO PARAMETRIZADO

El modelo de Gueymard se desarrolló poniendo especial atención en los rangos de radiación solar UV y Visible, y fue verificado mediante mediciones y modelos de transferencia radiativa en la atmósfera. Utiliza un espectro de radiación solar extraterrestre de alta resolución (1 nm). Para los procesos de extinción considera funciones muy exactas, teniendo en cuenta el efecto de la temperatura y la humedad sobre los parámetros de cálculo.

En el modelo la radiación solar global incidente sobre la superficie horizontal ($I_{G,\lambda}$) es la suma de la radiación directa y la radiación difusa ($I_{d,\lambda}$). La radiación directa es la radiación directa normal ($I_{DN,\lambda}$) multiplicada por el coseno del ángulo cenital (θ_z).

$$I_{G,\lambda} = I_{DN,\lambda} \cos \theta_z + I_{d,\lambda} \quad (1)$$

La radiación directa normal, es calculada a partir de la radiación solar extraterrestre ($H_{O,\lambda}$), y de las transmitancias de la atmósfera, que incluyen los siguientes procesos: dispersión Rayleigh ($T_{r,\lambda}$), dispersión y absorción de aerosoles ($T_{a,\lambda}$), y absorción del ozono ($T_{O,\lambda}$), del vapor de agua ($T_{w,\lambda}$), del dióxido de nitrógeno ($T_{N,\lambda}$), y de otros gases también presentes en la atmósfera ($T_{u,\lambda}$). Un factor relacionado con la distancia Tierra-Sol (D), que es independiente de la longitud de onda, corrige el valor de la radiación extraterrestre según el día del año.

$$I_{DN,\lambda} = H_{O,\lambda} D T_{r,\lambda} T_{a,\lambda} T_{w,\lambda} T_{O,\lambda} T_{u,\lambda} T_{N,\lambda} \quad (2)$$

La radiación difusa ($I_{d,\lambda}$) se obtiene como la suma de la componente de dispersión de las moléculas o de Rayleigh ($I_{r,\lambda}$), la dispersión de aerosoles ($I_{a,\lambda}$), y la componente de múltiple reflexión aire - suelo ($I_{g,\lambda}$):

$$I_{d,\lambda} = I_{r,\lambda} + I_{a,\lambda} + I_{g,\lambda} \quad (3)$$

El modelo emplea una transmitancia efectiva del ozono en la evaluación de la radiación difusa de Rayleigh y de aerosol. Los valores predichos de la radiación espectral se integran en el correspondiente rango del espectro para hallar la radiación solar en el UV.

RADIACIONES SOLARES UVB

En primer lugar se comparan los valores de radiación solares globales UVB obtenidos con el modelo y las determinaciones experimentales, para días de cielo claro y sin nubes. Las comparaciones se efectúan para distintos ángulos cenitales, acotándose de este modo el intervalo de longitudes de onda en el que mide efectivamente el instrumento usado. El instrumento es un radiómetro marca International Light, modelo Solar UV IL1400A; el detector es SUD240 y el filtro SPS300.

Al calcular las radiaciones UVB con el modelo de Gueymard, se establece que 280 nm - 313 nm es el intervalo del espectro en el que efectivamente mide el instrumento. En la Tabla 1 se muestran las condiciones ambientales y los parámetros más relevantes usados en el cálculo teórico. Las variables temperatura (T) y humedad relativa (HR), se miden con un termohigrómetro marca Hanna HI 8564. La presión atmosférica es prácticamente la normal (1012 mb).

El espesor de la capa de ozono se obtiene de los datos acumulados por instrumento TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer)/NASA a bordo del satélite Earth Probe, en Internet, con la información de la latitud y longitud de Santa Fe.

El exponente de Angstrom (α) es igual a 1,3 para longitudes de onda mayores a 500 nm, y vale 0,88 para las longitudes menores a aquella (Gueymard, 1995; Iqbal, 1983). El coeficiente de turbidez (β) se estima correlacionando valores del mismo con el vapor de agua precipitable de la atmósfera, determinados en Santa Fe (Albizzati y otros, 2000; Altamirano y otros, 1996; Altamirano y otros, 1998) :

$$\beta = 6,6 \times 10^{-3} W^2 + 0,026 W - 4,93 \times 10^{-2} \quad (4)$$

En la ecuación (4), W es el vapor de agua precipitable, que se estima con la temperatura y de la humedad relativa ambientes promediadas para los días de medición (Leckner, 1978).

Otros parámetros empleados en el modelo parametrizado son el albedo de dispersión de aerosol (0,81) y el factor de asimetría de aerosol (0,70), los que responden a una atmósfera rural-urbana (Gueymard, 1995). El albedo del suelo para la radiación UV solar se adopta igual a 0,06, dadas las características de la zona, y en los cálculos se considera despreciable la absorción del dióxido de nitrógeno de la atmósfera.

Tabla 1. Condiciones atmosféricas y parámetros para el cálculo.

Día	HR(%)	T (°C)	Ozono (DU)	β	W (cm)	D
13-11	35	27	303	0,033	2,05	1,0224
18-11	45	28	273	0,080	2,88	1,0244
1-12	41	31	283	0,089	3,02	1,0287
12-2	41	29	268	0,073	2,77	1,0244

En la Figura 1 se muestra que las mediciones de radiación global UVB y las predicciones presentan las mismas tendencias, pero el modelo predice valores más altos de la radiación para bajos ángulos cenitales, y valores más bajos para ángulos cenitales altos. El valor máximo de la radiación global UVB medida es 1410 mW/m², el día 18 de noviembre para un ángulo cenital de casi 12,0°, y en estas condiciones el modelo tiene un error relativo respecto a la medición del 7,5 %.

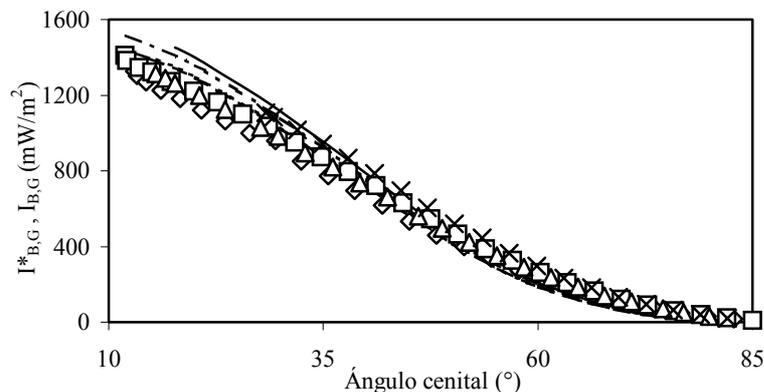


Figura 1. Radiación solar global UVB medida (13-11: \diamond , 18-11: \triangle , 1-12: \triangle , 12-2: \times) y calculada (13-11: - - - - , 18-11: - . - . - , 1-12: - - - - - , 12-2: ———).

Como resultado de los cálculos de la radiación global UVB ($I_{B,G}$) y de las mediciones realizadas ($I^*_{B,G}$) representadas se obtiene la siguiente correlación simple, que posee un coeficiente de regresión $R^2 = 0,9874$:

$$I_{B,G} = 1,0632 I^*_{B,G} \quad (5)$$

Analizando la figura, a igual ángulo cenital se verifica gran la importancia del ozono sobre las radiaciones UV, frente a las restantes variables (distancia Tierra-Sol y presencia de aerosoles). Las radiaciones UVB más elevadas corresponden al día de menor espesor de la capa de ozono (12 de febrero), en el que a su vez se tienen valores promedios de la turbidez y de la

distancia. El día 13 de noviembre se presentan las radiaciones UVB mínimas, siendo máximo el espesor de ozono, y mínimas la turbidez de la atmósfera y la distancia.

También con las predicciones se comprueba que la radiación UVB difusa supera casi siempre a la radiación UVB directa, ya que ello sólo no se cumple el día 13 de noviembre, cuando la turbidez atmosférica es muy baja, para ángulo cenitales menores a 30,0° aproximadamente. Se observa que en la componente difusa de la radiación UVB existe una elevada contribución de la radiación debida a la dispersión Rayleigh, siendo superior al 75 % aún en el día de mayor turbidez (1 de diciembre).

Debe agregarse que como era esperable, la radiación solar global en todo el espectro medida simultaneamente, presenta a igual ángulo cenital valores decrecientes con el aumento de la turbidez, ya que esta variable influye más que la capa de ozono y la distancia Tierra-Sol.

RADIACIONES SOLARES UV ERITÉMICAS

En una segunda etapa de trabajo, se aplicó el modelo parametrizado para calcular en las mismas condiciones de la etapa anterior, los valores de las radiaciones UV eritémicas. Fue necesario modificar el programa de cálculo original, el que solo contemplaba el efecto de la radiación UV global, para cuantificar el efecto de cada una de las componentes de la misma (radiación UV directa y radiación UV difusa).

La radiación solar eritémica en cada punto del espectro solar UV es el producto de la radiación espectral por factor que representa el efecto eritémico sobre la piel humana. La variación de dicho factor con la longitud de onda depende del espectro de acción eritémica de McKinlay y Diffey (1987).

Las radiaciones solares globales UV eritémicas ($I_{E,G}$) calculadas con el modelo siguen tendencias similares a las observadas para las radiaciones solares globales UVB (Figura 2). Correlacionando las predicciones se obtiene una correlación entre la radiación UV eritémica y la radiación UVB, cuyo coeficiente de regresión es $R^2= 0,9990$:

$$I_{E,G} = 0,1917 I_{B,G} \tag{6}$$

También otra expresión útil es la que relaciona el índice ISUV con la radiación UVB (en mW/m^2) que se predice con el modelo parametrizado:

$$ISUV = 7,6680 \times 10^{-3} I_{B,G} \tag{7}$$

La ecuación (7) se encuentra haciendo uso de las ecuación (6) y de la definición del índice ISUV.

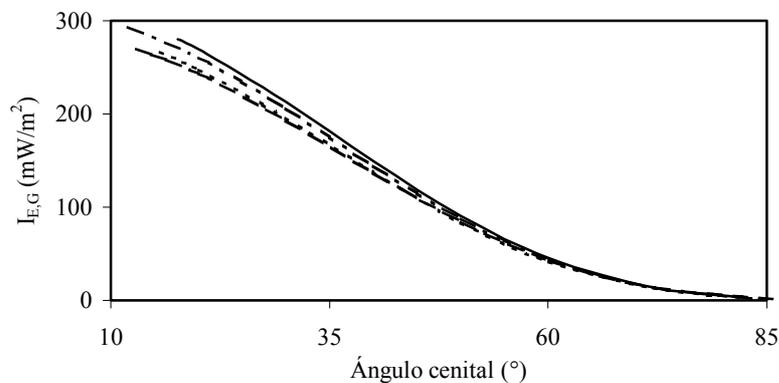


Figura 2. Radiación solar UV global eritémica calculada (13-11:-----, 18-11:-----, 1-12:-----, 12-2:-----).

Como se ve en la figura, el valor máximo de la radiación UV global eritémica hallado con el modelo es igual a 293 mW/m^2 , para $\theta_z = 12,0^\circ$, el 18 de noviembre. En esas condiciones la radiación global UVB estimada es 1516 mW/m^2 , y el índice ISVB igual a 11,6. Para $\theta_z = 30,0^\circ$ el valor máximo del índice es 8,5, el 12 de febrero, y el mínimo es 7,9, el 13 de noviembre; los respectivos valores de las radiaciones eritémicas son 214 mW/m^2 y 197 mW/m^2 .

La Figura 3 muestra los resultados de las predicciones del cociente entre la radiación solar UV eritémica difusa ($I_{E,d}$) y la radiación solar UV eritémica global ($I_{E,G}$). A igual ángulo cenital se verifica que la relación es más alta cuando es mayor la turbidez atmosférica. La radiación eritémica difusa predomina sobre la directa, es decir que el cociente representado es mayor a 0,50, en los días en que se presentan los más altos valores de la turbidez, o en cambio si la turbidez es muy baja, cuando el ángulo cenital es mayor que 35,0°. Con el modelo se puede también observar que la relación entre las radiaciones difusa y global eritémicas es ligeramente menor al cociente calculado entre las radiaciones UVB difusa y global.

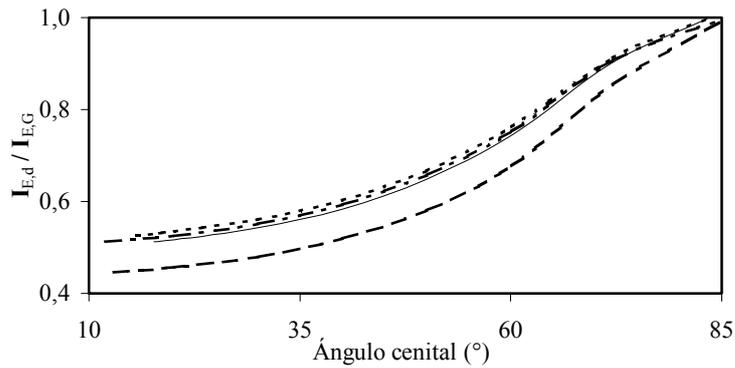


Figura 3. Cociente entre las radiaciones solares UV eritémicas difusa y global calculado (13-11: ---- ,18-11: ,1-12: - - - - ,12-2: ———).

En lo que respecta a la exposición al Sol en condiciones extremas, dado que el día 21 de diciembre el ángulo cenital es el mínimo para la ciudad de Santa Fe y la distancia Tierra-Sol es cercana al mínimo, pueden presentarse valores de las radiaciones solares eritémicas y del índice ISUV próximos a los máximos esperables. Para ello además se considera un mínimo valor de la capa de ozono (265 DU, que fue medido el 21 de diciembre de 1999), y un muy bajo coeficiente de turbidez atmosférica ($\beta = 0,030$, valor determinado con una temperatura de 25°C y 35% de humedad relativa ambientes).

En la Figura 4 se muestra la variación del índice ISUV en las condiciones previstas en el solsticio de verano. Para el ángulo cenital mínimo, que es $8,2^{\circ}$, el índice es 13,2, disminuyendo su valor a 12,4 en $\theta_z = 15,0^{\circ}$. Puede decirse que para ángulos mayores a $25,0^{\circ}$ el ISUV es menor a 10,0, y para ángulos mayores a $50,0^{\circ}$ es menor que 4,0. Aplicando las relaciones entre la posición del Sol y la hora del día, el riesgo de exposición a la radiación solar esperable es muy alto o extremo entre las 10.30 horas y las 15.30 horas (en ese horario resultan valores del ISUV mayores a 8,0).

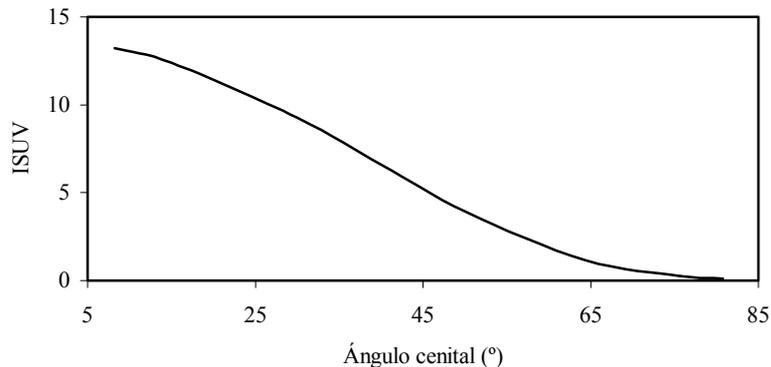


Figura 4. Índice ISUV estimado para el día 21 de diciembre (capa de ozono: 265 DU; coeficiente de turbidez:0,030).

Finalmente, con las ecuaciones (5) y (7) y la definición del ISUV, se puede hallar una expresión útil para determinar el índice a partir de las mediciones de la radiación UVB con el instrumento International Light modelo Solar UV :

$$\text{ISUV} = 8,1526 \times 10^{-3} I_{B,G}^* \quad (8)$$

La correlación requiere que el valor de la radiación medido se exprese en mW/m^2 , y puede usada en cualquier época del año.

CONCLUSIONES

A partir de las mediciones y de las predicciones de la radiación solar UV efectuadas con el modelo de Gueymard, en condiciones de cielo claro y sin nubes para Santa Fe, se concluye que:

- A igual ángulo cenital se verifica el mayor impacto del ozono sobre las radiaciones globales UVB, frente a las restantes variables (distancia Tierra-Sol y presencia de aerosoles). Las radiaciones UVB más elevadas corresponden a los días de menor espesor de la capa de ozono.

- La radiación UVB difusa supera casi siempre a la radiación UVB directa, y esto no se cumple sólo cuando la turbidez atmosférica es muy baja y para ángulos cenitales menores a 30,0° aproximadamente.
- En la componente difusa de la radiación UVB existe una elevada contribución de la radiación debida a la dispersión de las moléculas del aire (Rayleigh), que es superior al 75 % aún en los días de mayor turbidez.
- Las radiaciones globales UV eritémicas presentan las mismas tendencias que las radiaciones UVB. El cociente entre la radiación eritémica UV difusa y la global aumenta con la turbidez de la atmósfera y el ángulo cenital.
- En el solsticio de verano y en condiciones extremas, sólo para ángulos cenitales mayores a 25,0° el índice ISUV es menor que 10,0. Esto implica que para ángulos menores al antes citado el riesgo de exposición al Sol es extremo.
- El índice máximo esperable en verano es muy alto o extremo entre las 10.30 horas y las 15.30 horas, ya que en ese período sus valores son mayores a 8,0.
- Las mediciones de radiación solar UVB con el instrumento International Light modelo Solar UV pueden aplicarse para determinar el índice ISUV haciendo uso de una expresión simple.

REFERENCIAS

- Albizzati E., Altamirano L., León R. y Alfano O.(2000). Radiación solar sobre planos inclinados con cielos sin nubes y de baja turbiedad. *Proceeding ISES Millennium Solar Forum 2000*, 587-591.
- Altamirano L., Albizzati E. y Alfano O.(1996). Estimación del coeficiente de turbidez de Angström mediante la radiación solar directa en el mes de julio para la ciudad de Santa Fe, Argentina. *Actas de la 19° Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente* , 4.13 – 4.16 .
- Altamirano L., León R., Albizzati E. y Alfano O. (1998). Radiación solar instantánea y horaria sobre planos inclinados. predicciones teóricas y determinaciones experimentales. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 2, 2, 11.5 - 11.8.
- Gueymard C.A.(1995). SMARTS2, A simple model of the atmospheric radiative transfer of sunshine. Professional Paper FSEC-PF-270-95. Florida Solar Energy Center, Cocoa, FL.
- Iqbal M. (1983). *An Introduction to Solar Radiation*. Academic Press, New York.
- Leckner B. (1978). The spectral distribution of solar radiation at the earth's surface-elements of a model. *Solar Energy*, 20,143-150.
- Luccini E., Abalone R., y Piacentini R. (1998). Análisis comparativo de dosis eritémicas solares incidentes sobre Pilar y Rosario a través de mediciones y modelos matemáticos. *Energías Renovables y Medio Ambiente*, 4, 19-24.
- McKinley, A.F. y Diffey B.L. (1987). A reference spectrum for ultraviolet induced erythema in human skin *En Human Exposure to Ultraviolet Radiation: Risks and Regulations*, editado por W.R. Passchler and B.F.M. Bosnjakovic, Elsevier, Amsterdam.
- Piacentini R., Abalone R., Nuñez L. y Talamoni G. (1995). Comparación entre mediciones en Rosario (Argentina) y predicciones de las dosis eritémicas solares en verano-otoño. *Actas de la 18° Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente*, 1, 7-14, 1995.
- Piacentini R. y Herman J. (1996). Radiaciones Solares Ultravioletas sobre Sudamérica y sus Mares Adyacentes. *Energías Renovables y Medio Ambiente*, 1, 7-9.
- Piacentini R., Alfano O.y Albizzati E. (1997). Radiaciones Ultravioletas Solares Global y Difusa: Medición y Modelización en el período Agosto 1995 - Mayo 1997 para Rosario (Argentina). *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 1, 1, 181-184.
- Piacentini R., Alfano O.y Albizzati E. (1999). Mediciones y predicciones de la relación entre la radiación solar ultravioleta y la radiación solar total sobre Rosario (Argentina) durante el año 1995. *Energías Renovables y Medio Ambiente*, 6, 17-26 .
- Piacentini R., Alfano O., Albizzati E., Luccini E. y Herman J.(2002). Solar ultraviolet irradiance for clear sky days incident at Rosario, Argentina: measurements and model calculations.*Journal of Geophysical Research-Atmospheres* (en prensa).
- World Meteorological Organization (1991), *Scientific Assessment of Stratospheric Ozone*, WMO Global Ozone Research and Monitoring Project, Report No. 25, Geneva.
- World Meteorological Organization (1994), *Scientific Assessment of Stratospheric Ozone*, WMO Global Ozone Research and Monitoring Project, Report No. 37, Geneva.

ABSTRACT: Horizontal UVB solar radiation are measured and predicted with a parametric model at Santa Fe city. The measurements are realized for different zenith angles, and for clear-sky and cloudless days. The influence of ozone layer, aerosols and Earth -Sun distance on components of UVB radiation is analyzed. Then the global, direct and diffuse erythemal UV radiation are calculated. The solar UV index is estimated in the summer solstice using UVB radiation and UV erythemal radiation relations. Finally, a simple equation to find UV index with UVB solar radiation measurements is presented.

KEYWORDS: Ultraviolet - Solar - Erythemal - Radiation.