

## ESTUDIOS DE INDICE ULTRAVIOLETA E INDICE DE DAÑO AL ADN PARA LA CIUDAD DE CONCEPCIÓN DEL URUGUAY

G. M. Salum<sup>1</sup>, M. J. Ernst<sup>1</sup> y J. Pomar<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Facultad Regional Concepción del Uruguay - Universidad Tecnológica Nacional  
E3264BTD Ing. Pereira 676 Concepción del Uruguay. Argentina  
e-mail: [gmsalum@hotmail.com](mailto:gmsalum@hotmail.com)

<sup>2</sup> IFIR (CONICET - UNRosario), 27 de Febrero 210 bis, 2000 Rosario, Argentina.

**RESUMEN:** Los distintos componentes de la atmósfera terrestre generalmente filtran la radiación solar excepto el rango del espectro electromagnético que incluye radiación ultravioleta (UV), visible e infrarrojo. De éstas, la más energética y con mayor daño a la piel y ojos es la radiación UV. En este trabajo se utilizó el *Tropospheric Ultraviolet Visible (TUV) Model* desarrollado por Madronich (1993) para obtener el Índice Ultravioleta (IUV) solar característico de la ciudad de Concepción del Uruguay (Argentina), como así también el Índice de Daño al ADN, sin presencia de nubes. Ambos índices se obtuvieron para todos los meses del año. En este trabajo se presentan los parámetros que caracterizan a la ciudad, necesarios para calcular los índices con el TUV.

**Palabras clave:** IUV, daño al ADN, Concepción del Uruguay, caracterización.

### INTRODUCCIÓN

El Sol emite energía electromagnética concentrada principalmente en longitudes de onda entre 200 y 4000nm. Su espectro es muy similar al emitido por un cuerpo negro con temperatura cercana a los 6000° K (Calbó *et al.*, 2004).

La radiación ultravioleta (UV) está definida como la radiación electromagnética que tiene longitudes de onda en el rango 200 a 400 nm. El Índice Ultravioleta (IUV) es una cantidad adimensional definida como 40 veces la irradiancia eritémica (WHO, 2002):

$$IUV = 40 \left[ \frac{m^2}{W} \right] \cdot \int_{\lambda=250nm}^{\lambda=400nm} E(\lambda, t) \cdot S_{Ery}(\lambda) \cdot d\lambda \quad (1)$$

donde:

- ✓  $E_{Ery}$  es la irradiancia eritémica;
- ✓  $E(\lambda, t)$  es la irradiancia que alcanza la superficie terrestre;
- ✓  $S_{Ery}(\lambda)$  es el espectro de acción eritémico (Mc Kinlay y Diffey, 1987).

El IUV es redondeado para estar más cercano a un número entero y se calcula para la máxima irradiancia eritémica en el día. Tiene la intención de ser una simple medición del potencial eritémico (poder de enrojecimiento de la piel) para conocimiento público.

Por otra parte, una vez obtenida la irradiancia de daño al ADN, proponemos calcular el Índice de Daño al ADN como sigue:

$$Indice \ Daño \ ADN = 100 \left[ \frac{m^2}{W} \right] \cdot E_{Dam} \quad (3)$$

Puesto que la síntesis de vitamina D se realiza en la piel, el IUV es útil también para determinar si hay suficiente radiación solar para que se pueda fijar una cantidad significativa de la vitamina antes mencionada. El tiempo de exposición para lograr la síntesis depende directamente del IUV (Piacentini *et al.*, 2006).

Hay varios factores que afectan la cantidad de UV que alcanza un sitio específico en la superficie terrestre. Aquí describiremos los más importantes que son los que estudiamos en este trabajo. Un factor importante que influye la radiación UV que alcanza la superficie terrestre es la elevación solar (generalmente descrito con el ángulo cenital, es decir, el ángulo entre el cenit local y la línea visual del Sol). Cuanto más alto está el Sol sobre el horizonte, más corto es el camino atmosférico que la radiación atraviesa antes de alcanzar la superficie terrestre y menor es la atenuación a la radiación. Otro factor astronómico es la variación de la distancia Sol-Tierra debido a la órbita elíptica.

En general, la quemadura puede ser evitada por comportamiento sensible. Las longitudes de onda responsables de la carcinogénesis están determinadas por observaciones experimentales (Treina *et al.*, 1996).

El espectro de acción eritémica ha sido definido por la “International Lighting Commission”, como un resultado de varios experimentos en la piel humana (Mc Kinlay y Diffey, 1987). El espectro de acción eritémico (ver Figura 1 izquierda) confirma que la efectividad carcinogénica del UV-B es mucho más alta que la de la longitud de onda más larga. En muchos casos, la irradiancia es multiplicada con el espectro de acción eritémico e integrada sobre las longitudes de onda UV-A y UV-B. El resultado es llamada irradiancia UV eritémica (Institute for Atmospheric and Climate Science).

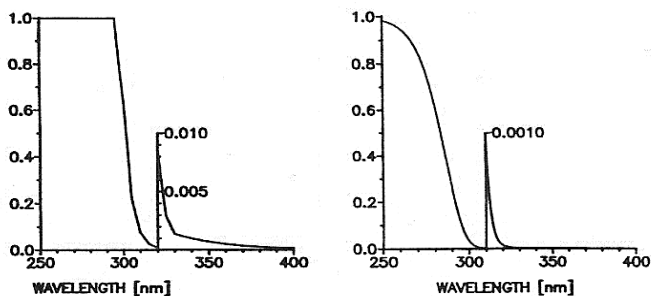


Figura 1. Espectros de acción: Izquierda) eritémico y Derecha) de daño al ADN.

En la Figura 1 derecha se muestra el espectro de acción de daño al ADN, donde se puede apreciar que en vez de una meseta (como en el caso de espectro de acción eritémico) decae exponencialmente en el rango de 205 a 300 nm (Ambach y Blumthaler, 2004).

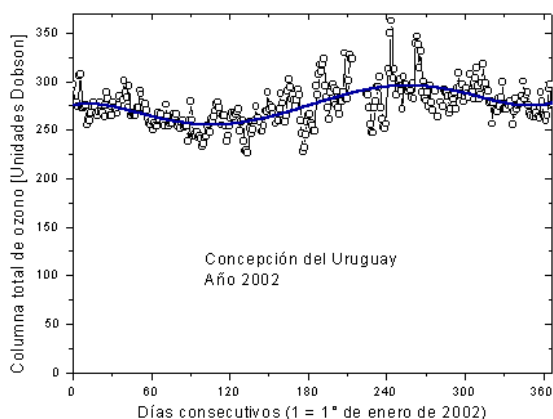


Figura 2. Datos satelitales del ozono durante el año 2002.

El parámetro más importante que describe al contenido del ozono es la columna total del ozono, la cual usualmente es medida en unidades Dobson (UD), definida como el altura (en mm) de la columna de ozono bajo condiciones estándares de temperatura y presión (1 atm y 273K). El ozono atenúa en gran parte las longitudes de onda de 290 a 320 nm, mientras que las longitudes de onda de alrededor de 320 nm son difícilmente influenciadas por el ozono (Ambach y Blumthaler, 2004).

Las partículas suspendidas en la atmósfera (denominadas *aerosoles*) pueden incluir polvo mineral, aerosoles del mar, partículas carbonizadas (especialmente hollín), sulfato de amonio, y gotitas de ácido sulfúrico diluidas. (Madronich, 1993). El *aerosol optical depth* (AOD) es la profundidad óptica debido a la extinción del componente aerosol atmosférico. Otro parámetro relacionado con los aerosoles es el *single scattering albedo* (ssa) que describe la magnitud relativa de dispersión y absorción del aerosol. Tanto el AOD como el ssa son parámetros que permiten caracterizar al componente atmosférico aerosol presente. (Madronich, 2000)

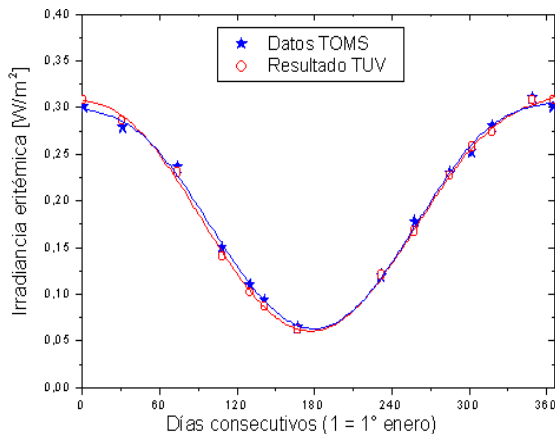


Figura 3. Datos de irradiancia eritémica satelitales y del modelo.

La relación entre la irradiancia de longitud de onda corta reflejada desde la superficie terrestre y la irradiancia incidente en la misma, se denomina *albedo*. Para una superficie de agua líquida el albedo tiene un valor de entre 5 y 10 %, mientras que para hierba o pastura tiene un valor de alrededor de 1 a 6 % (Madronich 1993).

Otro parámetro a tener en cuenta en la obtención del IUV son las nubes, pero no serán consideradas en este trabajo.

### METODOLOGÍA DE TRABAJO

Es objetivo de este trabajo caracterizar la atmósfera de Concepción del Uruguay y sus constituyentes, para obtener el IUV en días de cielo claro y posteriormente obtener este índice con cielos nublados. Para eso se empleó el TUV que es un modelo de la transferencia radiativa originada en la atmósfera debido a sus constituyentes en el rango UV. Los parámetros de entrada considerados fueron los

siguientes: fecha, latitud, longitud y altitud del lugar, AOD, ssa y albedo de la superficie terrestre. Por otra parte, si bien sus parámetros de salida son varios, sólo se trabajó con la irradiancia eritémica y la irradiancia de daño al ADN (en  $W/m^2$ ).

Los datos de localización y altitud para la ciudad de Concepción del Uruguay son: latitud y longitud = (-32.48; -58.24) y altura sobre el nivel del mar = 3 m. Los valores de ozono del año 2002 se extrajeron de la base de datos satelitales TOMS/NASA, a los cuales se los promedió mensualmente (Figura 2). De la misma forma se obtuvieron los datos de irradiancia eritémica reales mensuales para el año 2002.

La metodología utilizada consistió en realizar cálculos iterativos con el TUV, ingresando los parámetros mencionados antes, hasta aproximar el valor de irradiancia eritémica arrojado por el programa al dato de radiación satelital para encontrar los parámetros restantes: ssa, AOD y reflectividad del suelo.

Se realizaron cálculos para los días quince de cada mes del año 2002 en el rango de las 12 a 14 hs y se tomó como dato de referencia el máximo valor (dato de mediodía solar). Se realizaron iteraciones hasta lograr que el porcentaje de discrepancia, entre irradiancia real e irradiancia teórica, fuera inferior al 10%.

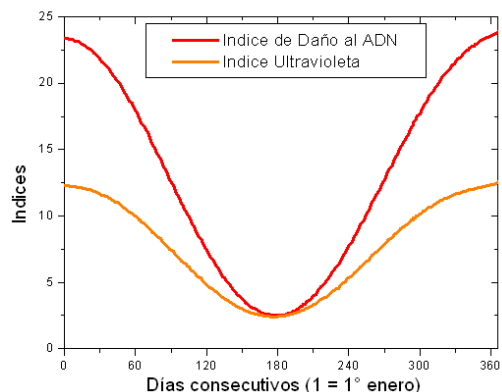


Figura 4. Variación anual del IUV y del Índice de Daño al ADN.

## RESULTADOS

Luego de varias iteraciones, se encontró mejor para una primera aproximación utilizar un valor de AOD constante para todo el año. El valor que mejor aproximaba fue  $AOD = 0.212$ . En cuanto a caracterizar el parámetro “tipo de aerosol”, se obtuvo mejor acuerdo con el  $ssa = 0.9$ . El albedo del suelo encontrado fue de 0.05. Con la aplicación de estos valores en el TUV se logró un porcentaje de discrepancia inferior al 7%. En la Figura 3 se muestran las irradiancias UV reales satelitales (estrellas llenas azules) y las irradiancias UV que resultaron de utilizar los nuevos parámetros encontrados en el TUV (círculos vacíos rojos) con sus respectivas curvas de interpolación mediante polinomio de orden 5.

En la Figura 4 se puede observar la variación anual tanto del IUV como del Índice de Daño al ADN.

## PERSPECTIVAS A FUTURO

Se realizó un cálculo preliminar del IUV, por lo que se propone contrastar esta caracterización mediante mediciones *in situ* con un biómetro de radiación solar eritémica para días despejados y con nubes.

El cálculo también se extenderá en la región para hacer efectiva la comparación entre las ciudades que poseen diferencias en sus constituyentes atmosféricos y en sus altitudes.

Una aplicación interesante sería poder informar a la comunidad respecto del riesgo solar y de sus protecciones.

## REFERENCIAS

- Ambach W. y Blumthaler M. (2004). Characteristics of solar UV irradiances, Meteorol. Zeitschrift, N.F. 3
- Calbó J. Pages D. and Gonzalez J. (2004). Empirical Studies of Cloud Effects on UV Radiation: A Review, Reviews of Geophysics.43 RG2002/2005.
- Madronich S. (1993). The atmosphere and UV-B Radiation at Ground Level, UV-B Radiation and Ozone Depletion. Effects on Humans, Animals, Plants, Microorganisms, and Materials. Manfred Teveni Ed.
- Piacentini R.D., Salum G.M. y Cañarte, C. (2006). Proyecto Índice Ultravioleta en el Ecuador como riesgo solar. Dpto. Médico-científico FEPSO / Instituto de Física Rosario.
- Treina G, Scaletta C, Fourtanier A, Seite S, Frenk E, Applegate LA (1996). Expression of intercellular adhesion molecule-1 in UVA-irradiated human skin cells in vitro and in vivo. British Journal of Dermatology, 135 (2), 241–247.
- World Health Organization (2002). Global Solar UV Index: A Practical Guide. World Health Organization - United Nations Environment Programme
- Página Web del satélite. TOMS/NASA. <http://jwocky.gsfc.nasa.gov>

**ABSTRACT:** The different compounds of atmosphere generally filter the solar radiation except in the range of electromagnetic spectrum which include UV radiation, visible and infrared. Of this, the UV radiation is the most energetic and produce the major damage of skin and eyes. In this work we utilize the *Tropospheric Ultraviolet Visible (TUV) Model* development for Madronich (1993) to obtain the solar Ultraviolet Index (UVI) of Concepción del Uruguay city (Argentina), also we obtain the DNA damage index, without clouds. Both were obtain for the all months of the year. We present the parameters for this city, which are necessary for the calculation the index with the TUV.

**Key words:** UVI, DNA damage, Concepción del Uruguay, forecast