

MODELO EMPÍRICO PARA ESTIMAR VALORES DE ÍNDICE ULTRAVIOLETA

Data de aceite: 02/10/2023

Ciro William Taipe Huamán

Universidad Nacional de Juliaca, Juliaca,
Perú
<https://orcid.org/0000-0002-6075-5582>

Matias Huilca Arbieto

Universidad Nacional del Altiplano, Puno,
Perú
<https://orcid.org/0000-0001-8415-2156>

Eva Genoveva Mendoza Mamani

Universidad Nacional del Altiplano, Puno,
Perú
<https://orcid.org/0000-0003-0587-0753>

Leandro Paucara Cahuana

Universidad Nacional de Juliaca, Juliaca,
Perú
<https://orcid.org/0000-0003-0282-7936>

Marisol Rojas Barreto

Universidad Nacional del Altiplano, Puno,
Perú
<https://orcid.org/0000-0001-6916-3754>

Russel Allidren Lozada Vilca

Universidad Nacional de Juliaca, Juliaca,
Perú
<https://orcid.org/0000-0002-8915-3964>

Valeriano Pari Torres

Universidad Continental, Perú
<https://orcid.org/0009-0009-4069-2607>

RESUMEN: El objetivo de la investigación es implementar una interfaz gráfica utilizando un modelo empírico para estimar los valores del índice ultravioleta, el modelo depende de la variable coseno del ángulo cenital y la capa de ozono en unidades UD para el lugar y la fecha. Para lo cual se utilizó la GUI de MATLAB para la implementación utilizando el texto editable y opciones de botones para realizar procesos de cálculo y gráficos. Se logró implementar la interfaz gráfica basada en el modelo empírico el cual permite realizar análisis gráficos y observar el comportamiento de los valores del índice ultravioleta.

PALABRAS CLAVE: Índice UV, interfaz gráfica, radiación solar

EMPIRICAL MODEL TO ESTIMATE ULTRAVIOLET INDEX VALUES

ABSTRACT: The objective of the research is to implement a graphic interface using an empirical model to estimate the values of the ultraviolet index, the model depends on the variable cosine of the zenith angle and the ozone layer in UD units for the place and date. For which the MATLAB GUI was used for the implementation using the editable text and button options to perform

calculation processes and graphics. It was possible to implement the graphic interface based on the empirical model which allows graphic analysis and observe the behavior of the ultraviolet index values.

KEY WORD: UV index, graphical interface, solar radiation.

INTRODUCCIÓN

La Comisión Internacional de Iluminación (CIE) adoptó en 1987 una curva estándar del eritema (CEI, 1998) que es utilizada habitualmente para determinar la radiación solar UV eritemática (UVER). Para la información de manera sencilla a la opinión pública sobre los niveles de radiación UV (WMO, 2002), se adopta el índice UV (UVI) propuesto por (McKinley y Diffey, 1987), el cual es recomendado por la Comisión Internacional sobre Protección Frente a Radiaciones No Ionizantes (ICNIRP) en colaboración con la Organización Mundial de la Salud (OMS), por la Organización Meteorológica Mundial (WMO) y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP).

Bilbao y de Migué (2020) analizó un conjunto de datos de 7 años (2013-2019) sobre niveles de radiación UVB e índice ultravioleta en Valladolid, España. Estos datos revelaron que en ciertos días de verano, los valores de UVI y la dosis diaria acumulada de radiación pueden ser altos. Más del 45% de la dosis anual de radiación se recibe en verano. Además, se investigó la relación entre la máxima UVI diaria y la dosis anual acumulada para informar sobre la protección solar en condiciones de baja intensidad de radiación UVB. (Bilbao y de Migue, 2020).

Mohanad y otros (2023) Evidencia la imperativa necesidad de mitigar la exposición a la radiación ultravioleta con el propósito de prevenir patologías como eritemas solares, senescencia cutánea y neoplasias malignas. Se ha concebido un paradigma de aprendizaje profundo fundamentado en inteligencia artificial, dirigido a anticipar el índice de radiación ultravioleta. La amalgama disruptiva de una arquitectura de red neuronal convolucional en conjunción con una red de memoria de largo plazo (CLSTM) prevaleció sobre alternativas preexistentes, evidenciando capacidad para producir proyecciones perfeccionadas tanto para el público en general como para entidades gubernamentales. (Al-musaylh et al., 2023).

Adnin (2022) desarrolló un monitor de índice ultravioleta para medir la exposición diaria de una persona a la luz solar. El dispositivo utiliza un nano sensor de ZnO y se conecta a una aplicación móvil que muestra alertas de exposición a los rayos UV. El dispositivo es portátil y funciona con una batería recargable de 3,7 V, y los datos se pueden compartir para su almacenamiento y uso en registros médicos (Natasha, 2022).

El trabajo tiene el objetivo de implementar una interfaz gráfica en función a modelo empírico para estimar valores de índice UV.

MATERIALES Y MÉTODOS

Índice Ultravioleta

El índice de radiación ultravioleta (UV) se constituye como un indicador de la intensidad de la radiación UV proveniente del sol en la superficie terrestre, caracterizado por una escala que se inicia en 0 y carece de límite superior. Asimismo, el índice UV ofrece información sobre la capacidad de la radiación UV solar para inducir daños en la piel. Es esencial tener en cuenta que la magnitud de la luminosidad ambiental no siempre guarda correspondencia directa con el índice UV, lo que puede resultar engañoso. Dado que la representación del índice y su nivel variaban con la localización geográfica, la Organización Mundial de la Salud, conjuntamente 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, han establecido un sistema uniforme para la medición del índice UV y su presentación al público. Este sistema incorpora un código cromático asociado, cuya representación gráfica se muestra en la figura 1 según lo establecido por la (WMO, 2002).



Figura 1. Niveles de índice UV

Ecuaciones consideradas en el análisis

Allaart et al., (2004) considera un modelo considerando una atmosfera sin ozono, la cual se muestra en la ecuación (1)

$$UVA = \left(\frac{D_0}{D}\right)^2 * S_o * \mu_o * \exp\left(-\frac{\tau_a}{\mu_o}\right) \quad (1)$$

Donde

D : Distancia entre el Sol y la Tierra.

D_α : Distancia promedio entre el Sol y la Tierra.

μ_o : Coseno de ángulo cenital del lugar, $\mu_o = \cos \theta_z$.

S_o : Valor del UVA extraterrestre.

τ_α : Es la dispersión molecular atmosférica.

Se va considerar un factor de ajuste mediante la ecuación (2)

$$\mu_x = \mu_o(1 - \varepsilon) + \varepsilon \quad (2)$$

donde

ε : factor de corrección

La nueva ecuación considerando la ecuación (2) es la siguiente expresión

$$UVA = \left(\frac{D_o}{D}\right)^2 * S * \mu_x * \exp\left(-\frac{\tau}{\mu_x}\right) \quad (3)$$

El coseno del ángulo cenital se calcula por medio de la siguiente ecuación:

$$\mu_o = \cos \theta_z = \text{sen } \delta \text{ sen } \phi + \cos \delta \cos \phi \cos \omega \quad (4)$$

donde

θ_z : ángulo cenital del lugar.

ϕ : es la latitud geográfica en grados.

ω : es el ángulo horario solar, cero al mediodía. este ángulo se calculó en grados por medio de la siguiente ecuación:

$$\omega = 15(H - 12) \quad (5)$$

H, es la hora estándar de 0-24h para un día completo

δ : es la declinación, que es la posición angular del Sol al mediodía solar con respecto al plano del ecuador, sur negativo en grados. El cual se obtiene de la siguiente relación (Spencer, 1971):

$$\delta = (0.006918 - 0.399912 \cos \Gamma + 0.070257 \text{sen } \Gamma - 0.006758 \cos 2\Gamma + 0.000907 \text{sen } 2\Gamma - 0.002697 \cos 3\Gamma + 0.00148 \text{sen } 3\Gamma) \left(\frac{180}{\pi}\right) \quad (6)$$

Γ , se conoce como el ángulo del día (en grados), y está dado por

$$\Gamma = 360 \left(\frac{d_n - 1}{365}\right) \quad (7)$$

d_n , es el número del día, variando 1 para el 1 de enero a 365 para el 31 de diciembre;

Utilizando la técnica de ajuste no lineal por el (Allaart et al., 2004) en el cual se obtienen los valores para la ecuación (3)

$$S = 1.24 \text{Wm}^{-2} \text{nm}^{-1}$$

$$\varepsilon = 0.17$$

$$\tau = 0.58$$

Ahora consideremos la relación de UVI y UVA dependiente de capa de ozono y el coseno del ángulo cenital, el cual se muestra a continuación.

$$\frac{UVI}{UVA} = F * X^G + \frac{H}{TO} + J \quad (8)$$

Donde

TO : Espesor de la capa de Ozono UD

X: relación de coseno cenital y capa de ozono según Allaart et al., (2004)

$$X = 1000 * \frac{\mu_o}{TO} \quad (9)$$

Ahora realizando un ajuste no lineal de la ecuación (8) de datos de la relación UVI/ UVA con respecto a TO y μ_o , se obtienen los siguientes valores.

$$\begin{aligned} F &= 2 \\ G &= 1.62 \\ H &= 280 \\ J &= 1.4 \end{aligned}$$

Luego considerando la ecuación (3) y (8) es posible despejar una expresión para estimar UVI el cual es la siguiente expresión

$$UVI = \left(F * X^G + \frac{H}{TO} + J \right) UVA = \left(F * \left(1000 * \frac{\mu_o}{TO} \right)^G + \frac{H}{TO} + J \right) \left(\left(\frac{D_o}{D} \right)^2 * S * \mu_x * \exp \left(-\frac{\tau}{\mu_x} \right) \right) \quad (10)$$

Reemplazando valores obtenidos y considerando $D_o=D$, la expresión (10) se reduce a la ecuación

$$UVI = \left(2 * \left(1000 * \frac{\cos \theta_z}{TO} \right)^{1.62} + \frac{280}{TO} + 1.4 \right) \left(1.24 * [\cos \theta_z (1 - 0.17) + 0.17] * \exp \left(-\frac{0.58}{\cos \theta_z (1 - 0.17) + 0.17} \right) \right) \quad (11)$$

Desarrollo de la interfaz gráfica.

La interfaz gráfica de usuario fue desarrollada en el entorno de programación MatLab2020b, mediante un algoritmo basado en las expresiones (1)-(11) para calcular el índice ultravioleta. El algoritmo también permite ingresar datos de ozono, latitud y numero de día.

RESULTADOS

Diseño de la interfaz grafica:

El diseño de la interfaz gráfica se realiza en MATLAB utilizando un axes, tres Static Text, tres Edit Text, Push botón y un panela para agrupar las variables de entrada para realizar el proceso de cálculo, el cual se muestra en la figura 2.

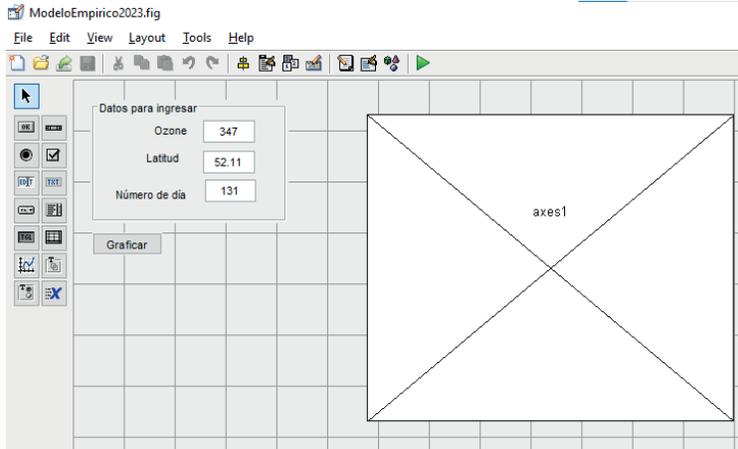


Figura 2. Diseño de interfaz grafica

Para la programación del Push botton para que pueda realizar el cálculo valores de índice ultravioleta en el intervalo de 5:00am hasta las 19:00pm en lapso de una hora cada estimación, se ha considere el código programa en el archivo ModeloEmpirico2023.m el cual se muestra a continuación.

Código de programación del Push botton

```
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
clc;
ozone = str2double(get(handles.Ozono1,'String'))
Lat = str2double(get(handles.latitud1,'String'))
Ndía = str2double(get(handles.dia1,'String'));
j=1;
for H=5:1:19
    w=15*(H-12); % angulo horario en grados
    T=360*(Ndía-1)/365; %
    % declinacion
    dc=(0.006918-0.399912*cosd(T)+0.070257*sind(T)-0.006758*cosd(2*T)+0.000907*sind(2*T)-
    0.002697*cosd(3*T)+0.00148*sind(3*T))*(180/pi);
    cosz=sind(dc)*sind(Lat)+cosd(dc)*cosd(Lat)*cosd(w);
    z(:,j)=acosd(cosz);
    ang(:,j)=H;
    indice(:,j)=(0.5*(1000*(cosz/ozone))^(1.62)+(280)/(ozone)+1.4)*(1.24*(cosz*(1-
    0.17)+1.17)*exp(-0.58)/(cosz*(1-0.17)+0.17));
    disp(H); disp(indice(:,j))
    j=j+1;
end
yyaxis left
plot(ang,indice,'-r*');
title('Indice UV');
xlabel('Tiempo (UT)');
ylabel('Indice UV');
grid on
grid minor
yyaxis right
plot(ang,z,'-b*');
ylabel('Angulo cenital');
```

El código requiere del ingreso de la variable latitud del lugar en grados, el ingreso de del espesor de la capa de ozono del lugar para el día en el cual se va estimar el cual varía según el día en unidades UD (Taipe et al., 2019), luego ingresamos del valor del numero de día juliano el cual permite variar las fechas durante el año. La programación del algoritmo es en función a la ecuación (11) el cual es dependiente del coseno cenital y de la capa de ozono.

Ahora se muestra los resultados de cálculo de los valores de índice ultravioleta en la figura 3. En el cual se considero la capa de ozono promedio para el primero de enero de 245UD y la latitud de la ciudad de Puno, Perú se ha considerado -15.8422° (Huillca y Taipe, 2018), la grafica que se muestra es índice UV en función a las hora en el intervalo de 5:00am a 19:00pm

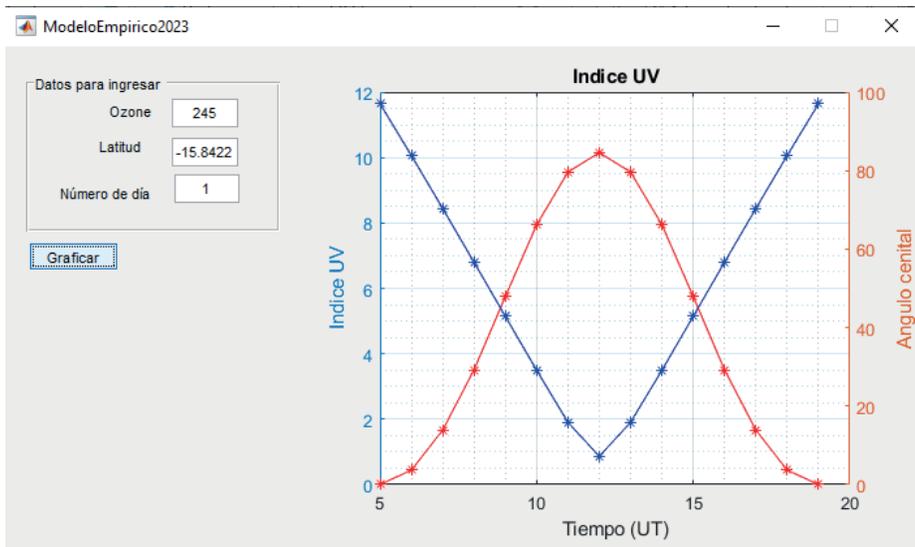


Figura 3. Interfaz gráfica ejecutada con resultados

Los resultados de los valores de índice UV mostrados en la figura 3, son similares obtenidos por (Taipe et al., 2020) valores a índice ultravioleta medidos por una estación meteorológica duran un día. Los valores máximo obtenido es al medio día solar (Huillca et al., 2017)

CONCLUSIONES

Se logro implementar una interfaz gráfica para estimar valores de índice ultravioleta mediante un modelo empírico el cual depende la variable coseno de ángulo cenital y la capa de ozono la cual es predominante para obtener los valores de índice UV. La implementación fue en el software MATLAB el cual permite estimar valores de índice UV en intervalos de

una hora para una fecha, mostrando el comportamiento de los valores de índice UV para el intervalo de 5:00am a 19:00pm

REFERENCIAS

Al-musaylh, M. S., Ghimire, S., Al-Daffaie, K., Ali, M., Deo, R. C., Downs, N., Igoe, D. P. y Parisi, A. V. (2023). Multi-step solar UV index prediction using deep learning methods. *Research Article*. <https://doi.org/https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2449044/v1>

Allaart, M., van Weele, M., Fortuin, P. y Kelder, H. (2004). An empirical model to predict the UV-index based on solar zenith angles and total ozone. *Meteorological Applications*, 11(1), 59-65. <https://doi.org/10.1017/S1350482703001130>

Bilbao, J. y de Migue, A. (2020). Erythemal solar irradiance, UVER, and UV index from ground-based data in central Spain. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(18). <https://doi.org/10.3390/APP10186589>

CEI. (1998). *CIE S 007/E - Erythema Reference Action Spectrum and Standard Erythema Dose I Engineering360*.

Huillca, M. y Taípe, C. W. (2018). Estimación y análisis del índice ultravioleta en la ciudad de Puno durante el periodo de setiembre del 2015 a setiembre del 2016. *Ñawparisun - Revista de Investigación Científica*, 1(1).

Huillca, M., Taípe, C. W. y Saavedra, M. (2017). Índice Ultravioleta en la ciudad de Puno para cielos claros. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 19(2), 211-218. <https://doi.org/10.18271/ria.2017.280>

McKinley, A. y Diffey, B. (1987). A reference action spectrum for ultraviolet induced erythema in human skin. *CIE*, 6, 17-22.

Natasha, A. T. (2022). *Wearable UV Detector for Real Time UV Index Monitoring* (Número July). Macquarie University.

Spencer, J. W. (1971). Fourier series representation of the position of the Sun. *Search*, 2(5), 172.

Taípe, C. W., Huillca, M., Mendoza, E. G. y Gallegos, J. R. (2019). Comportamiento de la columna total de ozono obtenidos por el sensor EPTOMS de la NASA para la ciudad de Puno periodo 2005-2017. *Ingenierías USBMed*, 10(2), 25-30. <https://doi.org/10.21500/20275846.4057>

Taípe, C. W., Yancachajlla, U., Gallegos, J. R. y Mendoza, E. G. (2020). Índice de radiación ultravioleta estimado por la Estación Meteorológica Davis de la Universidad Nacional de Juliaca. *Ñawparisun*, 2, 37-42.

WMO. (2002).