

CARACTERIZACIÓN DEL ÍNDICE ULTRAVIOLETA EN LA REGIÓN DE PUNO DURANTE EL AÑO 2022

Data de aceite: 01/08/2023

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>

Russel Allidren Lozada Vilca

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

Leandro Paucara Cahuana

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

Tania Jakeline Choque Rivera

Universidad Nacional de Juliaca
Juliaca, Perú
<https://orcid.org/0000-0002-3305-0755>

Marisol Rojas Barreto

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

RESUMEN: Este estudio ofrece un análisis riguroso de los valores del índice ultravioleta en la región de Puno durante el año 2022. Mediante la utilización de datos combinados de estaciones meteorológicas y fuentes satelitales, se ha logrado estimar y corregir los valores del índice UV para proporcionar una visión más precisa de la exposición a la radiación ultravioleta en cada provincia. Los resultados obtenidos contribuyen al conocimiento sobre los patrones estacionales de radiación UV en la región y pueden servir como base para la implementación de medidas de protección solar adecuadas.

PALABRAS CLAVE: Índice UV, estación meteorológica, Giovanni, NASA, Puno.

CHARACTERIZATION OF THE ULTRAVIOLET INDEX IN THE REGION OF PUNO DURING THE YEAR 2022

ABSTRACT: This study offers a rigorous analysis of the ultraviolet index values in the Puno region during the year 2022. By using combined data from meteorological stations and satellite sources, it has been possible to estimate and correct the UV index values to provide an overview more

accurate information on exposure to ultraviolet radiation in each province. The results obtained contribute to the knowledge about the seasonal patterns of UV radiation in the region and can serve as a basis for the implementation of adequate sun protection measures.

KEYWORDS: UV index, weather station, Giovanni, NASA, Puno.

INTRODUCCIÓN

La Comisión Internacional de Iluminación (CIE, siglas en francés) 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 (WHO), por la Organización Meteorológica Mundial (WMO) y el Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP).

Durante las últimas décadas, el número de estaciones de medida a nivel de suelo que proporcionan datos de calidad de radiación solar UV ha ido aumentando constantemente, aunque estas estaciones proporcionan una cobertura espacial limitada. Los instrumentos que miden la radiación solar UV a bordo de satélites, como GOME y SCIAMACHY de la Agencia Espacial Europea o TOMS y OMI de la NASA, por el contrario, proporcionan una cobertura espacial mayor. Por lo tanto, es necesaria la validación de los datos satelitales a partir de medidas con base en tierra para evaluar la calidad y precisión de los mismos.

Los datos de radiación UV derivados del instrumento OMI han sido ampliamente validados a través de comparaciones con mediciones en tierra. Por ejemplo, Tanskanen y otros (2007) llevaron a cabo una validación de las estimaciones diarias de la OMI en 17 estaciones y 18 instrumentos distribuidos principalmente en Europa septentrional, Grecia, América del Norte, Nueva Zelanda y el sur de la Argentina.

Buchard y otros (2008) validaron los valores de la columna de ozono total y de la radiación UV en estaciones de Francia e Italia, respectivamente. En ambos casos, las diferencias entre los valores diarios de los satélites y los de la tierra siempre fueron superiores al 17% y se atribuyeron principalmente a la carga de aerosoles en la esfera atómica. Antón y otros (2010) llevaron a cabo un amplio estudio de validación de las mediciones de la radiación UV en la estación de Arenosillo en Huelva, en el sur de España, observando que las diferencias relativas entre los valores de la OMI y los valores terrestres oscilaban entre 8% a más del 20% dependiendo de las condiciones de las nubes, la carga de aerosoles y el ángulo del cenit solar. En particular, en lo que respecta al factor del aerosol, la utilización de un método de corrección, que tiene en cuenta los aerosoles absorbentes, permitió reducir entre un 30 y un 40% las diferencias entre las mediciones realizadas por satélite y las realizadas en tierra.

MATERIALES Y MÉTODOS

Medidas con base a tierra

Las mediciones del índice UV se obtiene de la estación meteorológica DAVIS Vantage Pro 2 Plus mediante el sensor de índice UV, el cual tiene un rango de medida de [0-16] con una resolución de 0.1, en intervalos de 1min con un exactitud de (Eraso-Checa et al., 2018; Vargas y Alfaro, 2016), los cuales esta ubicados en las coordenadas geográficas latitud -15.824126, longitud -70.151594 y una altitud de 3,827 msnm y se observa en la figura 1, el sensor UV están debidamente calibrados por el proveedor. Los datos estimados por las estaciones fueron en intervalos de 15min. La estación está instalada en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional del Altiplano - Puno (UNAP) la estaciones esta instalados en zonas libres de sombras y obstáculos (Ciro William Taipe et al., 2022).

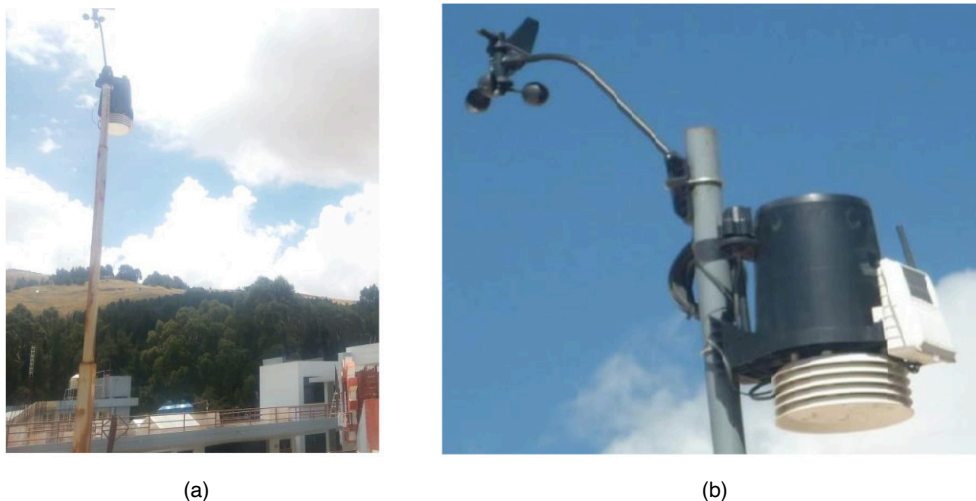


Figura 1. Estación meteorológica DAVIS VANTAGE PRO 2 PLUS (a) Instalación (b) Estación.

Datos Satelitales

Los datos de índice UV se descargan de la plataforma Giovanni para las trece provincias de la región de Puno, considerando la latitud y longitud de las ciudades las cuales se muestran en la tabla 1. Giovanni es la interfase web de la NASA que provee información de varios satélites para todas las zonas del mundo. Los datos ya están procesados y pueden ser descargados en una escala requerida (C. W. Taipe et al., 2021). Este servidor es superior ya que permite examinar los datos satelitales con una resolución espacial reducida a la zona de estudio. Los datos en Giovanni están agrupados por temas, teniendo varios sets de datos por categoría. El servidor también te permite búsquedas temáticas y te muestra las características de los registros como resolución y tiempo de registro (*Giovanni - Data Selection*, 2023).

N°	Provincia	Ciudad	Cuadrante de muestreo
1	Azángaro	Azángaro	-70.690472,-15.417194,-69.690472,-14.417194
2	Carabaya	Crucero	-70.525917,-14.864194,-69.525917,-13.864194
3	Chucuito	Juli	-69.960039,-16.70372,-68.960039,-15.70372
4	El Collao	Ilave	-70.140389,-16.559944,-69.140389,-15.559944
5	Huancané	Huancané	-70.258306,-15.706861,-69.258306,-14.706861
6	Lampa	Lampa	-70.874167,-15.861083,-69.874167,-14.861083
7	Melgar	Santa Rosa	-71.292778,-15.117806,-70.292778,-14.117806
8	Moho	Moho	-69.984192,-16.121431,-68.984192,-15.121431
9	Puno	Puno	-70.512083,-16.32625,-69.512083,-15.32625
10	San Antonio de Putina	Putina	-70.375694,-15.421,-69.375694,-14.421
11	San Román	Juliaca	-70.707783,-15.94415,-69.707783,-14.94415
12	Sandia	Cuyo Cuyo	-70.050036,-14.988842,-69.050036,-13.988842
13	Yunguyo	Yunguyo	-69.574722,-16.807833,-68.574722,-15.807833

Tabla 1. Datos de posición de ciudad de provincias de la región de Puno

Índice Ultravioleta

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 el cual se muestra en la figura 2 según (WMO, 2002).



Figura 2. Niveles de índice UV.

En el Perú se percibe niveles de radiación UV entre 14-20 (SENAMHI - Perú, 2023), siendo de las más altas del mundo como se muestra en la figura 4 (Moraes, 2019). La región de Puno se encuentra en la región altiplánica del Perú por ello se presenta niveles de índice UV extremos durante el día en el horario 11:00am -14:00pm como lo manifiesta (Huillca et al., 2017).

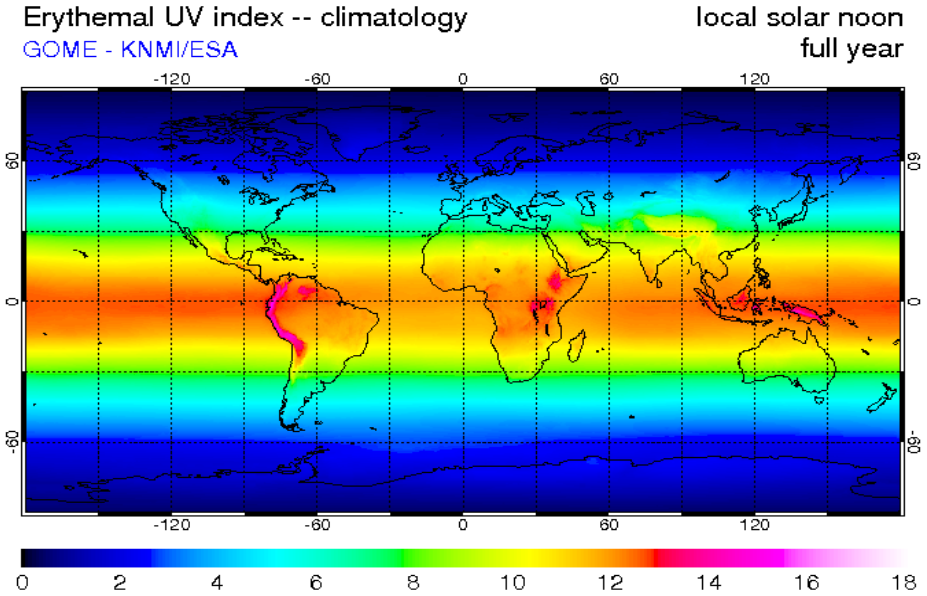


Figura 3. Índice UV eritemal, climatology GOME.

Estadísticos de evaluación

Utiliza los estadísticos de evaluación. Se utilizaron el error estándar promedio (RMSE), el error medio (MBE), llamado también sesgo o desviación, coeficiente de determinación (R^2) y el coeficiente de correlación (r) es para medir la relación lineal entre los valores medidos por la estación con respecto a los obtenidos por los modelos (Blal et al., 2020). Están dados por las siguientes ecuaciones:

$$RMSE = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (I_{mi} - I_{si})^2}{n} \right]^{1/2} \quad (2)$$

$$MBE = \frac{\sum_{i=1}^n (I_{mi} - I_{si})}{n} \quad (3)$$

$$R^2 = \frac{[\sum_{i=1}^n (1 - \bar{I}_{mi})(I_{si} - \bar{I}_{si})]^2}{[\sum_{i=1}^n (I_{mi} - \bar{I}_{mi})^2][\sum_{i=1}^n (I_{si} - \bar{I}_{si})^2]} \quad (4)$$

$$r = \sqrt{R^2} \quad (5)$$

Donde: I_{mi} es el dato medido por estación meteorológica, I_{si} es el dato obtenido de web Giovani, \bar{I}_{mi} es el promedio de los datos medidos por la estación meteorológica, \bar{I}_{si} es el promedio de los datos obtenidos de web Giovani y n es el número total de observaciones (Al-musaylh et al., 2023).

RESULTADOS

Índice UV para la ciudad de Puno

Ahora se realiza un análisis de los datos para el año 2022 para la ciudad de Puno, se considera datos medidos por la estación meteorológica de la UNAP, con la finalidad de observar el comportamiento de los valores de índice UV, el cual se muestra en la figura 4, donde se observa el comportamiento cíclico de los valores máximo de índice UV. Se presenta valores máximos en la estación de verano, con presencia de cielos nublados por presencia de lluvias, y valores mínimos en la estación de invierno y un número menor de cielos nublados.

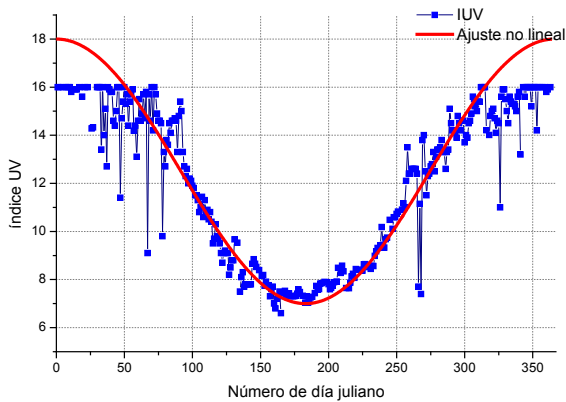


Figura 4. Índice UV para la ciudad de Puno año 2022.

Con el fin de obtener una fórmula que corrija los datos basándose en las mediciones realizadas por la estación meteorológica, se tomaron en cuenta los datos recopilados entre 2016 y 2021 de la UNAP y NASA. Luego, se llevó a cabo un análisis de correlación lineal utilizando un total de 2193 datos, lo que nos permitió obtener la ecuación de corrección que se muestra en la figura 5. Esta ecuación considera todos los datos correspondientes a cielos nublados, parcialmente nublados y despejados.

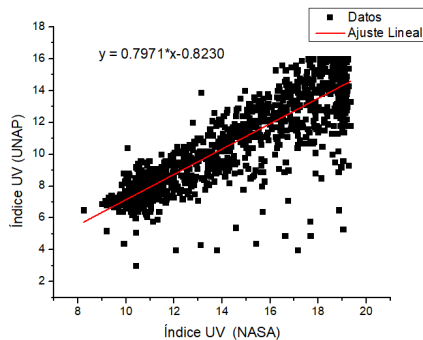


Figura 5. Comparación de índice UV, NASA y UNAP para la ciudad de Puno año 2016-2021.

Del ajuste lineal se obtiene la ecuación:

$$I_E = 0.7971 * I_N - 0.8230 \quad (1)$$

Donde I_E es el índice UV medido por la estación meteorológica de la UNAP y I_N índice UV obtenido de satélite por la NASA. La ecuación (1) permite realizar las correcciones para obtener valores de índice UV.

En el análisis estadístico que se muestra en la tabla 2, resulta que el coeficiente de correlación lineal de datos obtenidos de la NASA se obtiene valor de 0.97 lo que indica que es posible estimar valores de índice UV con una confiabilidad del 97% y un error de 2.78 para valores de índice UV medidos por la estación meteorológica de la UNAP.

Datos	MBE	RMSE	R ²	r
NASA	2.7865	2.9004	0.9481	0.9737

Tabla 2. Estadísticos de evaluación.

En la figura 7 se muestra valores máximo diario del índice UV para la ciudad de Puno, para el periodo de 2010-2021 en función al número de día juliano, obtenido utilizando la ecuación (1).

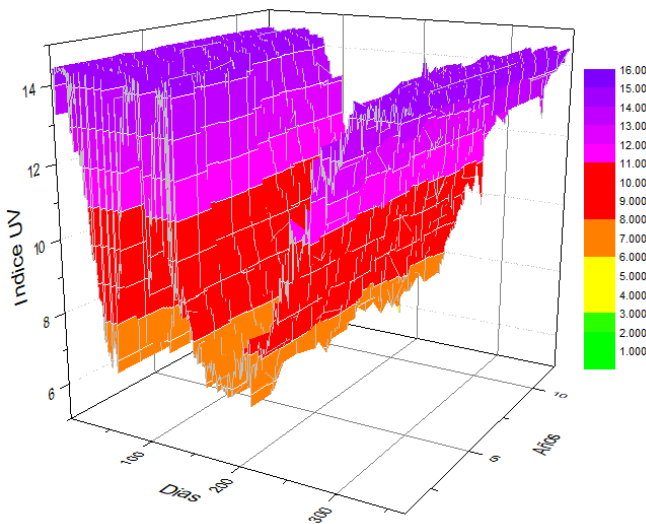


Figura 6. Índice UV para la ciudad de Puno año 2010-2021.

Índice UV para la región de Puno

Para obtener valores del índice ultravioleta se considera las coordenadas de latitud y longitud de las ciudades considerados en la tabla 1 y se obtiene los valores máximo diarios, de la plataforma web de Giovanni, considerando la ecuación (1) cuyos resultados

se muestran en la figura 7, donde se observa resultados similares, ello porque los datos utilizados para el cálculo son obtenidos de Giovanni NASA lo cual es para grandes áreas, por ello difieren de mediciones puntuales.

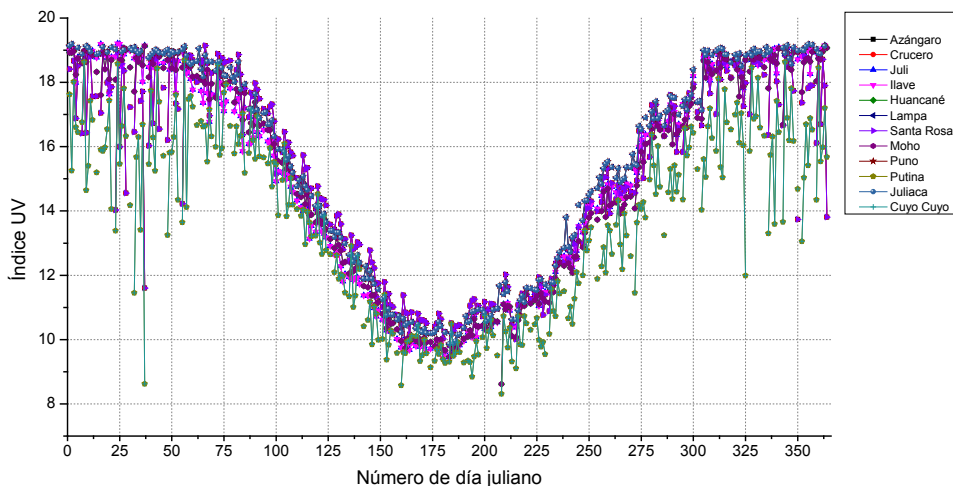


Figura 7. Índice UV para las provincias de la región de Puno.

CONCLUSIONES

La variación del índice UV muestra un patrón estacional evidente, tanto en los datos recopilados por la estación terrestre como en los datos obtenidos por satélite, con valores máximos durante la temporada de verano y valores mínimos durante la temporada de invierno. Aunque existe una buena correlación entre los datos satelitales y los de estación terrestre, se observa que las mediciones realizadas por satélite tienden a sobreestimar las mediciones en tierra, con una diferencia entre ambos conjuntos de datos. Mediante la utilización de la ecuación (1) de correcciones de datos satelitales, se lograron estimar los valores máximos diarios del índice UV para las trece provincias de la región de Puno durante el año 2022. Así, se obtuvieron los valores máximos, mínimos y promedio para cada una de las trece provincias a lo largo del año.

REFERENCIAS

Antón, M., Cachorro, V. E., Vilaplana, J. M., Toledano, C., Krotkov, N. A., Arola, A., Serrano, A. y De la Morena, B. (2010). Comparison of UV irradiances from Aura / Ozone Monitoring Instrument (OMI) with Brewer measurements at El Arenosillo (Spain) – Part 1 : Analysis of parameter influence. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions*, 6797-6827.

Berger, D. S. y Urbach, F. (1982). A CLIMATOLOGY OF SUNBURNING ULTRAVIOLET RADIATION. *Photochemistry and Photobiology*, 35(2), 187-192. <https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.1982.tb03830.x>

Buchard, V., Brogniez, C., Auriol, F., Bonnel, B., Lenoble, J., Tanskanen, A., Veeffkind, P., Buchard, V., Brogniez, C., Auriol, F., Bonnel, B., Lenoble, J., Buchard, V., Brogniez, C., Auriol, F., Bonnel, B. y Lenoble, J. (2008). Comparison of OMI ozone and UV irradiance data with ground-based measurements at two French sites To cite this version : HAL Id : hal-00328314 Comparison of OMI ozone and UV irradiance data with ground-based measurements at two French sites. *Atmospheric Chemistry and Physics Discussions, European Geosciences Union*, 8(2), 4309-4351.

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

Eraso-Checa, F., Jimenez, J. B., Escobar, D. y Insuasty, S. (2018). Global radiation estimation using a polynomial function on UV index. *Proceedings of the 2018 IEEE PES Transmission and Distribution Conference and Exhibition - Latin America, T and D-LA 2018*. <https://doi.org/10.1109/TDC-LA.2018.8511791>

Fabo, E. C. De, Noonan, F. P., Fears, T. y Merlino, G. (2004). Advances in Brief Ultraviolet B but not Ultraviolet A Radiation Initiates Melanoma. *Cancer Research*, 64, 6372-6376.

Fioletov, V. E., McArthur, L. J. B., Mathews, T. W. y Marrett, L. (2009). On the relationship between erythemal and vitamin D action spectrum weighted ultraviolet radiation. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 95(1), 9-16. <https://doi.org/10.1016/j.jphotobiol.2008.11.014>

Gallagher, R. P. y Lee, T. K. (2006). Adverse effects of ultraviolet radiation : A brief review. *Progress in Biophysics and Molecular Biology* 92, 92, 119-131. <https://doi.org/10.1016/j.pbiomolbio.2006.02.011>

Giovanni - Data Selection. (2023). <https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>

Huillca, M., Taipe, 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>

Jacquet, S. y Bratbak, G. (2003). Effects of ultraviolet radiation on marine virus-phytoplankton interactions. *FEMS Microbiology Ecology*, 44(3), 279-289. [https://doi.org/10.1016/S0168-6496\(03\)00075-8](https://doi.org/10.1016/S0168-6496(03)00075-8)

Johnson, B. W. y McIntyre, R. (1996). Analysis of test methods for UV durability polymer coatings. *Progress in Organic Coatings* 27, 27, 95-106.

Kunz, B. A., Cahill, D. M., Mohr, P. G., Osmond, M. J. y Vonarx, E. J. (2006). Plant Responses to UV Radiation and Links to Pathogen Resistance. *International Review of Cytology*, 255(06), 1-40. [https://doi.org/10.1016/S0074-7696\(06\)55001-6](https://doi.org/10.1016/S0074-7696(06)55001-6)

Levels, U. R. (2017). *fenotipos e infraestructura de protección solar en instituciones educativas de Piura, Perú Ultraviolet Radiation Levels , Phenotypes , and Infrastructure*. 1621, 40-49.

Li, F., Peng, S., Chen, B. y Hou, Y. (2010). Acta Oecologica Original article A meta-analysis of the responses of woody and herbaceous plants to elevated ultraviolet-B radiation. *Acta Oecologica*, 36(1), 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.actao.2009.09.002>

Liu, X., Hurren, C. J. y Wang, X. (1988). *Compression Properties of Wool and Alpaca Fibres*. 4.

- Lonsberry, B. B., Wyles, E., Goodwin, D., Casser, L. y Lingel, N. (2008). Diseases of the Cornea. En *Clinical Ocular Pharmacology* (Fifth Edit). Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-7506-7576-5.50031-8>
- McKinley, A. y Diffey, B. (1987). A reference action spectrum for ultraviolet induced erythema in human skin. *CIE*, 6, 17-22.
- Moraes, M. (2019). *Interaction between vitamin D supplementation and sunlight exposure in women living in opposite latitudes (the D-SOL study)*. University of Surrey.
- Mouillet, V., Farcas, F. y Besson, S. (2008). Ageing by UV radiation of an elastomer modified bitumen. *Fuel*, 87, 2408-2419. <https://doi.org/10.1016/j.fuel.2008.02.008>
- Norval, M. (2006). The Effect of Ultraviolet Radiation on Human Viral Infections. *Photochemistry and Photobiology*, 82(6), 1495-1504. <https://doi.org/10.1111/j.1751-1097.2006.tb09805.x>
- Pahkala, M., Merilä, J., Ots, I. y Laurila, A. (2003). Effects of ultraviolet-B radiation on metamorphic traits in the common frog *Rana temporaria*. *Journal of Zoology*, 259(1), 57-62. <https://doi.org/10.1017/S0952836902002984>
- Parker, S. G. y Diffey, B. L. (1982). The transmission of optical radiation through human nails. *British Journal of Dermatology*, 108, 11-16. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2133.1985.tb02045.x>
- Roberts, J. E. (2001). Ocular phototoxicity. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 64(2-3), 136-143. [https://doi.org/10.1016/S1011-1344\(01\)00196-8](https://doi.org/10.1016/S1011-1344(01)00196-8)
- Rozema, J., Björn, L. O., Bornman, J. F., Gaberščik, A., Häder, D. P., Trošt, T., Germ, M., Klisch, M., Gröniger, A., Sinha, R. P., Lebert, M., He, Y. Y., Buffoni-Hall, R., De Bakker, N. V. J., Van De Staaij, J. y Meijkamp, B. B. (2002). The role of UV-B radiation in aquatic and terrestrial ecosystems- An experimental and functional analysis of the evolution of UV-absorbing compounds. *Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology*, 66(1), 2-12. [https://doi.org/10.1016/S1011-1344\(01\)00269-X](https://doi.org/10.1016/S1011-1344(01)00269-X)
- SENAMHI - Perú. (2023). *Pronóstico de radiación UV máximo (cielo despejado y mediodía solar) a nivel nacional*. <https://www.senamhi.gob.pe/?p=radiacion-uv>
- Sinha, R. P. y Häder, D. P. (2002). UV-induced DNA damage and repair: A review. En *Photochemical and Photobiological Sciences* (Vol. 1, Número 4, pp. 225-236). The Royal Society of Chemistry. <https://doi.org/10.1039/b201230h>
- Sordo, C. y Gutiérrez, C. (2013a). Cáncer de piel y radiación solar: Experiencia peruana en la prevención y detección temprana del cáncer de piel y melanoma. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 30(1), 113-117. <https://doi.org/10.1590/S1726-46342013000100021>
- Sordo, C. y Gutiérrez, C. (2013b). Cáncer de piel y radiación solar: experiencia peruana en la prevención y detección temprana del cáncer de piel y melanoma. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública*, 30(1), 113-117. <https://doi.org/10.1590/S1726-46342013000100021>
- Souza Correa, D., Suárez, H. y Salazar, G. (2015). Modelo de Madronich del Índice UV en Salta. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 19, 8-123.

Sweet, M., Kirkham, N., Bendall, M., Currey, L., Bythell, J. y Heupel, M. (2012). Evidence of melanoma in wild marine fish populations. *PLoS ONE*, 7(8). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0041989>

Taipe, C. W., Mendoza, E. G. y Flores, H. H. (2021). Validation of ultraviolet index data from the Ozone Monitoring Instrument (OMI) based on measurements from meteorological stations in the city of Puno. *Journal of Physics: Conference Series*, 1841(1). <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1841/1/012005>

Taipe, Ciro William, Mendoza, E. G., Gallegos, J. R., Flores, H. H. y Enriquez, V. (2022). Estimation of solar radiation by models dependent on extreme temperatures for the region of Puno, Peru. *Proceedings of the LACCEI international Multi-conference for Engineering, Education and Technology, 2022-July*, 1-8. <https://doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.377>

Tanskanen, A., Lindfors, A., Ma, A., Krotkov, N., Herman, J., Kaurola, J., Koskela, T., Lakkala, K., Fioletov, V., Bernhard, G., McKenzie, R., Kondo, Y., Neill, M. O., Slaper, H., Outer, P. Den, Bais, A. F. y Tamminen, J. (2007). Validation of daily erythemal doses from Ozone Monitoring Instrument with ground-based UV measurement data. *Journal of Geophysical Research Atmospheres*, 112, 1-15. <https://doi.org/10.1029/2007JD008830>

Urbach, F. (1989). Potential, effects of altered solar ultraviolet radiation on human skin cancer. *Photochemistry and Photobiology*, 50(4), 507-513.

Vargas, J. L. y Alfaro, E. J. (2016). Radiación ultravioleta (UV) en el Parque Nacional Isla del Coco, Costa Rica. *Revista de Biología Tropical*, 64(1), S75-S86. <https://doi.org/10.15517/rbt.v64i1.23412>

Verbeek, C. J. R., Hicks, T. y Langdon, A. (2011). Degradation as a result of UV radiation of bloodmeal-based thermoplastics. *Polymer Degradation and Stability*, 96(4), 515-522. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2011.01.003>

WMO. (2002). Zhang, L., Hartwell, L., Jr, A., Vaughan, M. M., Hauser, B. A. y Boote, K. J. (2014). Agricultural and Forest Meteorology Solar ultraviolet radiation exclusion increases soybean internode lengths and plant height. *Agricultural and Forest Meteorology*, 184(July 2011), 170-178. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2013.09.011>