



## Evaluación de la radiación solar UV-B en Tepic, Nayarit: implicaciones en el turismo de Sol y playa.

## Evaluation of the solar radiation UV-B in Tepic, Nayarit: implications in Sun and beach tourism.

González Ramírez, F. A.<sup>1</sup>, Cristerna Solís, L.<sup>1</sup>, Saldaña Durán, C. E.<sup>1</sup>, Riveros Rosas, D.<sup>2</sup>, Valdés Barrón, M.<sup>2</sup>, Messina Fernández, S. R.<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> Universidad Autónoma de Nayarit, Ciudad de la Cultura S/N, Centro, CP 63000, Tepic, Nayarit. <sup>2</sup> Instituto de Geofísica, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. Universidad 3000, UNAM, CP 04510 Ciudad de México.

**Please cite this article as/Como citar este artículo:** González Ramírez, F. A., Cristerna Solís, L., Saldaña Durán, C. E., Riveros Rosas, D., Valdés Barrón, M., Messina Fernández, S. R. (2022). Evaluation of the solar radiation UV-B in Tepic, Nayarit: implications in Sun and beach tourism. *Revista Bio Ciencias*, 9 e1325. <https://doi.org/10.15741/revbio.09.e1325>



### ABSTRACT

UV radiation present in sunlight is essential in several environmental processes on the planet, including water and air decontamination, and waste disintegration, among others. However, in humans, UV radiation overexposure may result in acute and/or chronic conditions with harmful effects on the skin, eyes, and immune system; in the long term, radiation-induced degenerative changes in cells, fibrous tissue, and blood vessels lead to premature skin aging. Prolonged exposure time causes harmful effects on humans and other living beings, causing biological damage and even DNA alterations. For that reason, in this work, UV-B radiation levels were evaluated through a statistical analysis of time series data corresponding to the city of Tepic, Nayarit, obtained from the Mexican Solarimetric Network (RESOLMEX), to determine the UV-B index intensity and variability. Additionally, the level of knowledge about the UV index of sun and beach tourists on the coast of Nayarit was evaluated to study

#### Article Info/Información del artículo

Received/Recibido: February 02<sup>th</sup> 2022.

Accepted/Aceptado: September 02<sup>th</sup> 2022.

Available on line/Publicado: September 27<sup>th</sup> 2022.

### ABSTRACT

La radiación UV presente en la luz solar es esencial en diversos procesos ambientales del planeta, en la descontaminación de agua y aire, la desintegración de los residuos, entre otros. Sin embargo, en el ser humano, la sobre exposición a los rayos UV puede resultar en afecciones agudas y crónicas con efectos nocivos en la piel, los ojos y el sistema inmunitario; a largo plazo, los cambios degenerativos inducidos por radiación en células, tejido fibroso y vasos sanguíneos conducen al envejecimiento prematuro de la piel. Los tiempos de exposición prolongados tienen efectos nocivos en los humanos y otros seres vivos, causando daños biológicos que llegan a alterar el propio DNA. De ahí que en este trabajo, se evalúan los niveles de la radiación UV-B a partir del análisis estadístico de las series temporales de datos correspondientes a la ciudad de Tepic, Nayarit, obtenidos de la Red Solarimétrica Mexicana (RESOLMEX), para determinar la intensidad y variabilidad del índice UV-B. Adicionalmente, se evaluó el nivel de conocimiento sobre el índice UV que tienen los turistas de Sol y playa en costas nayaritas, con la finalidad de estudiar su experiencia al exponerse, sin cuidado o protección a la radiación solar. El conocimiento del índice UV y sus implicaciones

#### \*Corresponding Author:

Sarah R. Messina-Fernández. *Universidad Autónoma de Nayarit, Ciudad de la Cultura S/N, Centro, CP 63000, Tepic, Nayarit.* E-mail: [sarah.messina.uan@gmail.com](mailto:sarah.messina.uan@gmail.com)

their experience of exposure to solar radiation without care or protection. The knowledge of the UV index and its implications on health helps the tourist to become aware and, with it, the decision to protect themselves, reduce the time of sun exposure, and modify their behavior to make responsible decisions during recreational activities, which protect them from the damage caused by overexposure to UV radiation.

---

### KEYWORDS:

---

UVI, MED/h, UV-B radiation, RESOLMEX, sun and beach tourism.

---

### Introduction

Solar radiation reaching Earth's surface and passing through the atmosphere is divided into two components: direct and diffuse. Direct radiation comes from the sun without being scattered by Earth's atmosphere and diffuse radiation is defined as the radiation received from the sun after its direction has been changed by atmospheric phenomena of absorption, scattering, refraction, and reflection of light as it is scattered by dust, aerosols, and atmospheric particles. The sum of direct and diffuse components constitutes the total global solar radiation. UV radiation, microwaves, infrared radiation (heat), visible light, X-rays, and gamma radiation, together form the entire spectrum of solar electromagnetic radiation (Duffie & Beckman, 2013). Solar radiation is beneficial to humans, as it is essential in the production of vitamin D; however, prolonged exposure causes alterations associated with aging, skin modifications, skin cancer, skin allergies, and other existing skin conditions (Benedetti, 2019).

Overexposure to UV radiation can result in acute and chronic diseases with harmful effects on the skin, eyes, and immune system; in the long term, radiation-induced degenerative changes in cells, fibrous tissue, and blood vessels lead to premature skin aging. Ultraviolet radiation can also cause inflammatory reactions in the eye, such as photokeratitis. Chronic effects include two major health problems: skin cancer and cataracts (Samaniego Rascón *et al.*, 2017).

en la salud, ayuda al turista a tomar conciencia y, con ello la decisión de protegerse, disminuir el tiempo de exposición al Sol, y modificar su comportamiento para tomar decisiones responsables durante sus actividades recreativas, que lo protejan de los daños provocados por la sobre exposición a la radiación UV.

---

### PALABRAS CLAVE:

---

UVI, MED/h, radiación UV-B, RESOLMEX, turismo de Sol y playa.

---

### Introducción

La radiación solar que llega a la superficie terrestre y atraviesa la atmósfera, se divide en dos componentes: directa y difusa. La radiación directa proviene del sol sin ser dispersada por la atmósfera terrestre y la difusa se define como la radiación recibida del sol después de que su dirección ha sido cambiada por fenómenos atmosféricos de absorción, dispersión, refracción y reflexión de la luz al ser esparcida por polvos, aerosoles y partículas en la atmósfera. La suma de las componentes directa y difusa es el total de la radiación solar global. La radiación UV, las microondas, la radiación infrarroja (calor), la luz visible, rayos X y radiación gamma componen en su totalidad el espectro de la radiación electromagnética proveniente del sol (Duffie & Beckman, 2013). La radiación solar es benéfica para el ser humano, ya que es esencial en la producción de vitamina D, sin embargo, una exposición prolongada causa alteraciones asociadas al envejecimiento, provoca modificaciones cutáneas, cáncer en la piel, alergias en la piel y algunas veces empeora padecimientos cutáneos ya existentes (Benedetti, 2019).

La sobre exposición a los rayos UV puede resultar en enfermedades agudas y crónicas con efectos nocivos en la piel, los ojos y el sistema inmunitario; a largo plazo, los cambios degenerativos inducidos por radiación en células, tejido fibroso y vasos sanguíneos conducen al envejecimiento prematuro de la piel. La radiación ultravioleta también puede causar reacciones inflamatorias del ojo, como fotoqueratitis. Los efectos crónicos incluyen dos importantes problemas de salud: cáncer de piel y cataratas (Samaniego Rascón *et al.*, 2017).

UV radiation represents only a small region of the electromagnetic spectrum, from 400 to 100 nm, and is divided into three ranges, UV-A 400-315 nm, UV-B 315-280 nm, and UV-C 280-100 nm. As sunlight passes through Earth's atmosphere, the UV-C range and approximately 90 % of the UV-B range are absorbed by ozone, water vapor, oxygen, and carbon dioxide present in the atmosphere. Only UV-A radiation is less affected as it passes through the atmosphere, so UV radiation reaching the Earth's surface is largely composed of UV-A and a small UV-B component (World Health Organization [WHO], 2002). UV-B radiation can penetrate ecological, aquatic, and biomass production support systems affecting the entire ecosystem food chain. The concentration and chemical composition of biological organisms are altered by climate variability and UV-B radiation, and cause alterations in the upper trophic levels of ecosystem structure (Häder *et al.*, 2007).

UV radiation is variable, depending on site latitude, day hour, season, and sky conditions (Basset & Korany, 2007). UV radiation fluctuates with time, especially in the 27-day solar rotation and the time scales of the 11-year solar cycles. Even high UV radiation levels have an impact on climate change (Floyd *et al.*, 2002), such as the Haigh-Shindell model, which suggests that UV radiation variability has an impact on global temperature. Terrestrial measurements of UV radiation with high quality and scientifically reliable instruments are limited, and although there are non-scientific instruments that are freely marketed to evaluate the UV index (UVI), the results are not reliable; comparative studies between commercial and scientific instruments indicate differences between the UVI greater than 50 %, so they should be inspected by government health agencies (Corrêa *et al.*, 2010). Another option to evaluate the UV index is atmospheric monitoring satellite tools, which are used as data sources to create a climatology of the UVI at local noon. A study conducted by Valdés-Barrón pointed out the importance of measuring surface UV-B radiation, due to its implications for public health (Valdés-Barrón *et al.*, 2013). In this work, the author states that the methods for estimating UV-B radiation with satellite measurements are useful, but their certainty is reduced due to the low temporal resolution of the data, the procedure takes a daily measurement, during the same hour; therefore, the uncertainty to know the availability

La radiación UV representa sólo una pequeña región del espectro electromagnético, de 400 a 100 nm, se divide en tres intervalos, UV-A 400-315 nm, UV-B 315-280 nm y UV-C 280-100 nm. A medida que la luz del sol atraviesa la atmósfera terrestre, el intervalo de UV-C y aproximadamente el 90 % del UV-B son absorbida por el ozono, vapor de agua, oxígeno y dióxido de carbono presentes en la atmósfera. Sólo la radiación UV-A se ve menos afectada al atravesar la atmósfera, por lo tanto, la radiación UV que llega a la superficie de la Tierra está compuesta en gran parte por el intervalo UV-A y una pequeña componente UV-B (World Health Organization [WHO], 2002). La radiación UV-B puede penetrar en los sistemas ecológicos, acuáticos y los sistemas de soporte de producción de biomasa afectando toda la cadena alimenticia de los ecosistemas. La concentración y composición química de los organismos biológicos se ven alterados por la variabilidad del clima y radiación UV-B, y causa alteraciones en los niveles tróficos superiores de la estructura de los ecosistemas (Häder *et al.*, 2007).

La radiación UV es variable, depende de la latitud del lugar, la hora del día, la estación del año, y las condiciones del cielo (Basset & Korany, 2007). La radiación UV varía en función del tiempo, en especial en la rotación solar de 27 días y las escalas del tiempo de los ciclos solares de 11 años. De acuerdo con Floyd *et al.* (2002), las investigaciones demuestran que la radiación UV alta, tiene impactos en el cambio climático, como el modelo de Haigh-Shindell, que sugiere que la variabilidad de la radiación UV tiene impacto en la temperatura del planeta. Las mediciones terrestres de radiación UV con instrumentos de alta calidad y confiabilidad científica son limitadas, y aunque existen instrumentos no científicos que se comercializan libremente para evaluar el índice UV (UVI), los resultados no son fiables, estudios comparativos entre instrumentos comerciales y científicos señalan diferencias entre el UVI superiores al 50 %, por lo que deben ser inspeccionados por las agencias gubernamentales de salud (Corrêa *et al.*, 2010). Otra opción para conocer el índice UV, son las herramientas satelitales de monitoreo atmosférico, que se utilizan como fuentes de datos para crear una climatología del UVI al mediodía local. Un estudio realizado por Valdés-Barrón señala la importancia de la medición de la radiación UV-B en superficie, por sus implicaciones en la salud pública (Valdés-Barrón *et al.*, 2013). En dicho trabajo establece que los métodos de estimación de radiación UV-B con mediciones realizadas por satélite son útiles, pero su certidumbre es reducida debido a la baja resolución temporal de los datos, el procedimiento toma una medición diaria,

and variability of the UV index, is high. Furthermore, satellite measurement *per se* is not intended to measure throughout the day; its objective is to spatially cover as many areas on Earth as possible. The satellite-derived UV index usually corresponds to extrapolation to solar noon, from the measurement made at the hour passing through a city/region.

The UV index was internationally adopted to raise awareness and encourage the public to protect their skin, especially from melanoma. The UVI, a measure of UV radiation levels at the Earth's surface, was published in 1995 as a result of a collaboration between the WMO, WHO, the United Nations Environment Program, the International Commission on Non-ionizing Radiation Protection, and the German Federal Radiation Protection Office Agency. According to another author, the UV index was created to establish an information criterion regarding the potential damage of overexposure and prevent its consequences (Chambi, 2018).

To measure the biological effectiveness of UV-B radiation, the expression "Minimum Erythemogenic Dose" (MED) is used and is defined as the dose capable of originating skin erythema of noticeable limits at 24 h of exposure. The UV radiation dose in MED/hour is calculated as  $1 \text{ MED/h} = 5.83 \times 10^{-6} \text{ [W/cm}^2\text{]}$  effective power which relates time and effective power of exposure to UV-B radiation (Solar Light Co. Inc., 2006). The harmful effects of UV-B radiation on living beings are evaluated using instantaneous radiation magnitude with units of power per unit area. The energy level contained in a MED is equal to  $210 \text{ J/m}^2$ . A study conducted in Mexico showed that white-skinned people, when exposed to the sun during the middle of the day during the summer, get burned in 21-33 minutes, while dark brown-skinned people take 39-73 minutes to suffer a burn, however, the latter group has the risk of chronic exposure without warning consequences (Castanedo Cázares *et al.*, 2012).

The representation of effective power of UV-B radiation in MED/h is little used, due to the confusions that arise from its interpretation, since it is taken as a reference the reddening of the skin of people with low skin pigmentation or light tone. Therefore, to effectively represent and communicate the magnitude of UV-B radiation, the UV index is used, which is equivalent to

durante la misma hora; por lo tanto, la incertidumbre para conocer la disponibilidad y variabilidad del índice UV, es alta. Además, la medición satelital *per se*, no tiene como propósito medir a lo largo del día, su objetivo es abarcar espacialmente la mayor cantidad de zonas en la Tierra. El índice UV derivado de satélite, normalmente corresponde a una extrapolación al mediodía solar, a partir de la medición realizada a la hora que pasa por una ciudad/región.

El índice UV se adoptó internacionalmente para crear conciencia y alentar al público a proteger su piel, especialmente del cáncer de piel. El UVI, es una medida de los niveles de radiación UV en la superficie de la Tierra, se publicó en 1995 como resultado de una colaboración entre la WMO, WHO, el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente, la Comisión Internacional sobre Protección contra la Radiación No Ionizante y la Agencia Alemana Oficina Federal de Protección Radiológica. De acuerdo con (Chambi, 2018), el índice UV fue creado para establecer un criterio de información respecto al daño potencial de la sobre exposición y prevenir sus consecuencias.

Para medir la efectividad biológica de la radiación UV-B se utiliza la expresión de «Dosis Mínima Eritemógena» (MED), que se define como la dosis capaz de originar eritema cutáneo de límites notorios a las 24 h de exposición. La dosis de radiación UV en MED/hora, se calcula como  $1 \text{ MED/h} = 5.83 \times 10^{-6} \text{ [W/cm}^2\text{]}$  de potencia efectiva que relaciona el tiempo y la potencia efectiva de exposición a la radiación UV-B (Solar Light Co. Inc., 2006). Los efectos nocivos de la radiación UV-B en los seres vivos se evalúan usando la magnitud de radiación instantánea con unidades de potencia por unidad de superficie. El nivel energético contenido en un MED es igual a  $210 \text{ J/m}^2$ . Un estudio realizado en México revela que las personas de piel blanca, al exponerse al sol durante el medio día durante el verano presentan quemaduras en un tiempo de 21-33 minutos, mientras que las personas de piel morena oscura tardan de 39-73 minutos en sufrir una quemadura, sin embargo, este último grupo presenta el riesgo de exponerse de forma crónica sin advertir consecuencias (Castanedo Cázares *et al.*, 2012).

La representación de la potencia efectiva de la radiación UV-B en MED/h es poco utilizada, debido a las confusiones que surgen desde su interpretación, pues se toma como referencia el enrojecimiento en la piel de personas con baja pigmentación cutánea o tono claro. Por lo tanto, para representar y comunicar de manera efectiva la magnitud de

the MED/h. Due to the lack of public understanding of the MED, a table was created with general values from 0 to 12, with 0 being the lowest value and with the lowest risk and 12 as the highest value, indicating extreme risk, as shown in Table 1 below.

la radiación UV-B, se utiliza el índice UV, que es equivalente del MED/h, debido a la poca comprensión pública del MED se creó una tabla con valores generales del 0 al 12, siendo 0 el menor valor y con menor riesgo y 12 el mayor valor, indicando un riesgo extremo, como se indica a continuación en la Tabla 1.

**Table 1. UV index values and the risk of sunburn.**  
**Tabla 1. Valores del índice UV y el riesgo de sufrir quemadura solar.**

UV index	Exposure risk
0-2	Low
3-5	Moderate
6-7	High
8-10	Very High
11-12	Extreme

The WHO calls on governments of countries with high levels of UV radiation to encourage the use of UV index information as part of public awareness programs, to support the establishment of shaded areas in schools, parks, public places, and swimming pools, and to train broadcasters, meteorologists and reporters to use and provide information on UV index variability to the public (Rehfuess & Organization, 2002). Hence the importance of presenting this type of information in a creative way that allows people to enjoy the sun safely, but at the same time raises awareness to avoid overexposure.

A study was carried out on a group of Mexican population over 15 years of age, on their knowledge and attitudes regarding the time of sun exposure to identify their phenotypic characteristics and their reactivity to solar radiation, to know their exposure habits and preventive measures, and to evaluate their general knowledge regarding the harmful effects of the sun on the skin, indicates that, although most of the population recognizes that the sun causes aging and skin cancer, their exposure is prolonged. The authors suggest increasing efforts to raise awareness among the population about the benefits of appropriate photoprotection through clear and concise communication and the need to focus essentially on vulnerable and high-risk groups and/or those who are

La WHO, hace un llamado a los gobiernos de países con altos niveles de radiación UV a fomentar el uso de información sobre índice UV como parte de los programas de concientización pública, apoyar el establecimiento de áreas sombreadas en escuelas, parques, lugares públicos y piscinas, además, capacitar a locutores, meteorólogos y reporteros para utilizar y proporcionar la información sobre la variabilidad del índice UV al público en general (Rehfuess & World Health Organization, 2002). De ahí la importancia de presentar este tipo de información de una manera creativa que permita a las personas disfrutar del sol con seguridad, pero al mismo tiempo generar una conciencia sobre la importancia de evitar la sobreexposición.

Un estudio realizado a un grupo de población mexicana mayor de 15 años, sobre sus conocimientos a actitudes con respecto al tiempo de exposición solar con la finalidad de identificar sus características fenotípicas y su reactividad a la radiación solar, conocer sus hábitos de exposición y las medidas preventivas que utilizan y evaluar sus conocimientos generales con respecto a los efectos nocivos del sol sobre la piel, señala que, no obstante que la mayor parte de la población reconoce que el sol causa envejecimiento y cáncer cutáneo, su exposición es prolongada. Los autores sugieren incrementar esfuerzos para crear conciencia en la población sobre los beneficios de realizar una foto-protección apropiada, mediante una comunicación clara y concisa y la necesidad de incidir, esencialmente,

exposed to solar radiation for prolonged periods for work or recreational reasons (Castanedo-Cazares *et al.*, 2006). International studies pointed out, that even among individuals with knowledge of UVI, there is a need to effectively communicate information, for adequate behavior, that promotes protective measures (Heckman *et al.*, 2019). Many people see tanning as a way to improve appearance, and in the face of this, UV index information has been misused by some to accelerate tanning and promote unprotected exposure, justifying appearance rather than modifying behavior towards protection. Given this, some research groups propose targeting subsets of the population, calling them to action with anti-tanning legislation, age- or gender-specific screening campaigns, anti-tanning beauty campaigns, UV photography, and other targeted strategies. Photoprotection messages should move from education to behavior-based targets, focusing on interventions that inspire change rather than simply promote knowledge (Goulart & Wang, 2010).

Mexico ranks sixth worldwide in tourism with more than 20 million tourists per year since the beginning of the 21st century. Data from the World Tourism Organization, indicate that tourism in Mexico generated 8.2 % of the national GDP in 2018, of which 45 % was produced by coastal areas (Hoil *et al.*, 2020). Some parameters that determine a good tourist beach area, according to the hierarchical analytical model, are divided into physical parameters, including temperature, waves, solar radiation, humidity, and wind speed; biological parameters as are watercolor, sand type, landscape, type of vegetation and microorganisms, and urban parameters; including noise, lifeguards, garbage, access and infrastructure (Hoil *et al.*, 2020). The experience of changing the routine and the way they live is what tourists enjoy (Bachimon *et al.*, 2016). However, in sun and beach tourism it is necessary to take care of sun exposure, decide the time and amount of time that can be left, and be aware that prolonged exposure times, cause damage to the skin; they are immediate, uncomfortable, and painful, and then the experience is not as good as expected. Post-vacation behavior depends on the experience they have had in the tourist destination, and if the experience is satisfactory, there is a greater possibility that tourists will return or recommend that destination (Arasli & Baradarani, 2014).

sobre los grupos vulnerables y de alto riesgo y/o aquellos que por motivos laborales o recreativos permanecen expuestos a la radiación solar durante periodos prolongados (Castanedo-Cazares *et al.*, 2006). Estudios internacionales señalan, que incluso entre individuos con conocimiento del UVI, existe la necesidad de comunicar eficazmente la información, para un adecuado comportamiento, que promueva las medidas de protección (Heckman *et al.*, 2019). Muchas personas ven en el bronceado una forma de mejorar la apariencia, y ante esto, la información del índice UV, ha sido mal utilizada por algunos para acelerar el bronceado y promover la exposición sin protección, justificando la apariencia antes que modificar el comportamiento hacia la protección. Ante esto, algunos grupos de investigación proponen enfocarse en subconjuntos de la población, llamándolos a la acción con la legislatura contra el bronceado, campañas de detección específicas por edad o género, campañas de belleza contra el bronceado, fotografía UV y otras estrategias específicas. Los mensajes de fotoprotección deben pasar de la educación a objetivos basados en el comportamiento, centrándose en intervenciones que inspiren el cambio en lugar de simplemente promover el conocimiento (Goulart & Wang, 2010).

México ocupa el sexto lugar a nivel mundial en captación de turismo con más de 20 millones de turistas ingresados por año desde comienzos del siglo XXI. Datos de la Organización Mundial del Turismo, indican que el turismo en México generó el 8.2 % del GDP nacional en 2018, del cual 45 % fue producido por las zonas costeras (Hoil *et al.*, 2020). Existen parámetros que determinan una buena zona turística de playa, de acuerdo con el modelo analítico jerárquico, son físicos, donde encontramos la temperatura, el oleaje, la radiación solar, la humedad y la velocidad del viento; biológicos como lo son el color del agua, el tipo de arena, el paisaje, el tipo de vegetación y los microorganismos, y urbanos; donde se encuentra el ruido, los salvavidas, la basura, el acceso y la infraestructura (Hoil *et al.*, 2020). La experiencia de cambiar la rutina y la forma en que vive es lo que el turista disfruta (Bachimon *et al.*, 2016). Sin embargo, en el turismo de sol y playa se debe de cuidar de la exposición solar, decidir la hora y la cantidad de tiempo que se puede salir, y ser conscientes que los tiempos de exposición prolongados, ocasionan daños en la piel; son inmediatos, incómodos y dolorosos, y entonces la experiencia no es la esperada. El comportamiento post-vacacional depende de la experiencia que haya tenido en su destino turístico, y si la experiencia es satisfactoria hay mayor posibilidad que regrese o recomiende dicho destino (Arasli & Baradarani, 2014).



The state of Nayarit has 320 km of coastline with the Pacific Ocean and an infrastructure of 780 hotels. The Bahía de Banderas municipality, on the southern coast of the state, receives the largest number of national and international tourists and has 214 lodging establishments. Through tourism, it has been possible to reduce marginalization and poverty rates and combat unemployment, and has improved the local life quality, making tourism an important economic activity for the state, contributing to 73.4 % of the local GDP (Moy, 2021).

In the present work, UV-B radiation levels for the city of Tepic, Nayarit are evaluated with surface measurements obtained from the Mexican Solarimetric Network (RESOLMEX). Also, the level of knowledge of tourists arriving on the southern coast of Nayarit about the damage caused by exposure to the sun and UV radiation. From this study, it is possible to design strategies and recommendations to warn tourists about the damage caused by prolonged sun exposure. Given that this knowledge helps tourists to become aware, reduce exposure time, and adapt their behavior to live a pleasant and responsible tourist experience that above all takes care of their health from the damage caused by overexposure to UV radiation present in sunlight.

## Methodology

In the present work, a descriptive study of the availability and variability of UV-B radiation was carried out. The information was acquired from a reference solarimetric station that is part of the RESOLMEX in charge of the Mexican Solarimetric Service of the Geophysics Institute of the UNAM. To measure UV-B irradiance, a 501A (Solar Light Company Inc, 2006) biometer-radiometer was used, which has a spectral response of 250 to 380 nm, with an output range of 0 to 10 MED/hour, connected to a CR3000 data acquisition system from Campbell Scientific, Inc. Figure 1a shows the 501A biometer-radiometer sensor installed in the solar station. Figure 1b shows the Campbell Scientific, Inc. CR3000 data acquisition system. The data acquisition system takes a sample every 3 seconds and stores the arithmetic mean of the sample every minute. The data is stored in an NL 116 Ethernet

El estado de Nayarit cuenta con 320 km de litoral con el océano pacífico y una infraestructura de 780 hoteles. El municipio de Bahía de Banderas, en la costa sur del estado, recibe la mayor cantidad de turistas nacionales e internacionales y cuenta con 214 establecimientos de hospedaje. Mediante la actividad del turismo se han logrado reducir índices de marginación y pobreza y combatir el desempleo y ha mejorado la calidad de vida de la población estatal por lo que el turismo es una actividad económica importante para el estado que aporta 73.4 % al GDP estatal (Moy, 2021).

En el presente trabajo se evalúan los niveles de radiación UV-B para la ciudad de Tepic, Nayarit con mediciones en superficie obtenidas de la Red Solarimétrica mexicana (RESOLMEX). Asimismo, el nivel de conocimiento de los turistas que arriban a la costa sur de Nayarit, sobre los daños causados por la exposición al sol y a los rayos UV. A partir de este estudio, es posible diseñar estrategias y recomendaciones para prevenir al turista sobre los daños de la exposición al sol en forma prolongada. Dado que este conocimiento ayuda al turista a tomar conciencia y con ello la decisión de protegerse, disminuir el tiempo de exposición, y puede llegar a modificar su comportamiento para vivir una experiencia turística grata y responsable que ante todo cuide su salud de los daños provocados por la sobre exposición a la radiación UV presente en la luz solar.

## Metodología

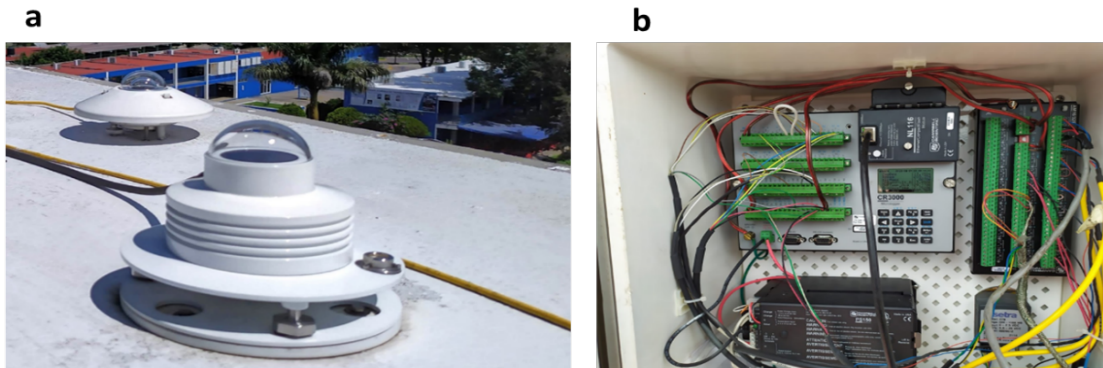
En este trabajo se realizó un estudio descriptivo de la disponibilidad y variabilidad de la radiación UV-B. La información se adquirió de una estación solarimétrica de referencia que forma parte de la RESOLMEX a cargo del Servicio Solarimétrico mexicano, del Instituto de Geofísica de la UNAM. Para medir la irradiancia UV-B, se utilizó un biómetro-radiómetro 501A (Solar Light Company Inc, 2006), el cual cuenta con una respuesta espectral de 250 a 380 nm, con un rango de salida de 0 a 10 MED/hora, conectado a un sistema de adquisición de datos CR3000 de Campbell Scientific, Inc. En la Figura 1a se muestra el sensor biómetro-radiómetro 501A instalado en la estación solar. En la Figura 1b, se puede observar el sistema de adquisición de datos CR3000 de Campbell Scientific Inc. El adquisidor de datos toma una muestra cada 3 segundos y almacena la media aritmética del muestreo cada minuto. Los datos son resguardados en un módulo de almacenamiento e interconexión por ethernet NL 116. A través de una interfaz

interconnection and storage module. A network interface provides remote access for data download using LoggerLink software. The solar station began operations in March 2016, the calibration of the sensors is performed biannually and is in charge of the Institute of Geophysics of UNAM.

Through non-participatory observation, from a social, cultural, and environmental perspective, using the field diary as a tool, the experience of tourists arriving at Nayarit's coasts was studied in relation to their sun exposure. A survey was applied, using the questionnaire as a tool to evaluate the experience lived by sun and beach tourists during their recreational activities. The previously designed questionnaire was validated by experts in social sciences, energy, and health of the academic body UAN CA 01 Natural Resources, this allowed obtaining information on the knowledge that people who perform sun and beach tourism activities have about the damages of exposure to UV radiation and obtaining data on practices related to exposure to solar radiation, and through indicators such as the hours of exposure and the level of knowledge about solar radiation and the UV index to determine the impact on the experience lived in the tourist destination.

de red se accede remotamente para la descarga de datos, mediante el software LoggerLink. La estación solar inició operaciones en marzo de 2016, la calibración de los sensores se realiza de manera bianual y está a cargo del Instituto de Geofísica de la UNAM.

A través de observación no participativa, desde una perspectiva social, cultural y ambiental, utilizando como herramienta el diario de campo; se estudió la experiencia del turista que arriba a costas nayaritas ante su exposición al sol. Se aplicó la técnica de la encuesta, utilizando como herramienta el cuestionario para evaluar la experiencia vivida por los turistas de sol y playa durante sus actividades recreativas. El cuestionario previamente diseñado, fue validado por expertos en ciencias sociales, energía y salud del cuerpo académico UAN CA 01 Recursos Naturales, esto permitió obtener información sobre el conocimiento que tienen las personas que realizan actividades turísticas de sol y playa sobre los daños de la exposición a la radiación UV y obtener datos sobre las prácticas relacionadas con la exposición a la radiación solar y, a través de indicadores como las horas de exposición y el nivel de conocimiento sobre la radiación solar y el índice UV determinar el impacto en la experiencia vivida en el destino turístico.



**Figure 1. Setup of the 501 biometer-radiometer on the platform of the solar station of the Mexican Solarimetric Network located at the central campus of the Universidad Autónoma de Nayarit (a); and Data acquisition system CR3000 from Campbell Scientific Inc (b).**

**Figura 1. Montaje del biómetro-radiómetro 501 en la plataforma de la estación solar de la Red Solarimétrica mexicana ubicada en el campus central de la Universidad Autónoma de Nayarit (a); y Sistema de adquisición de datos CR3000 de Campbell Scientific Inc (b).**



## Results and Discussion

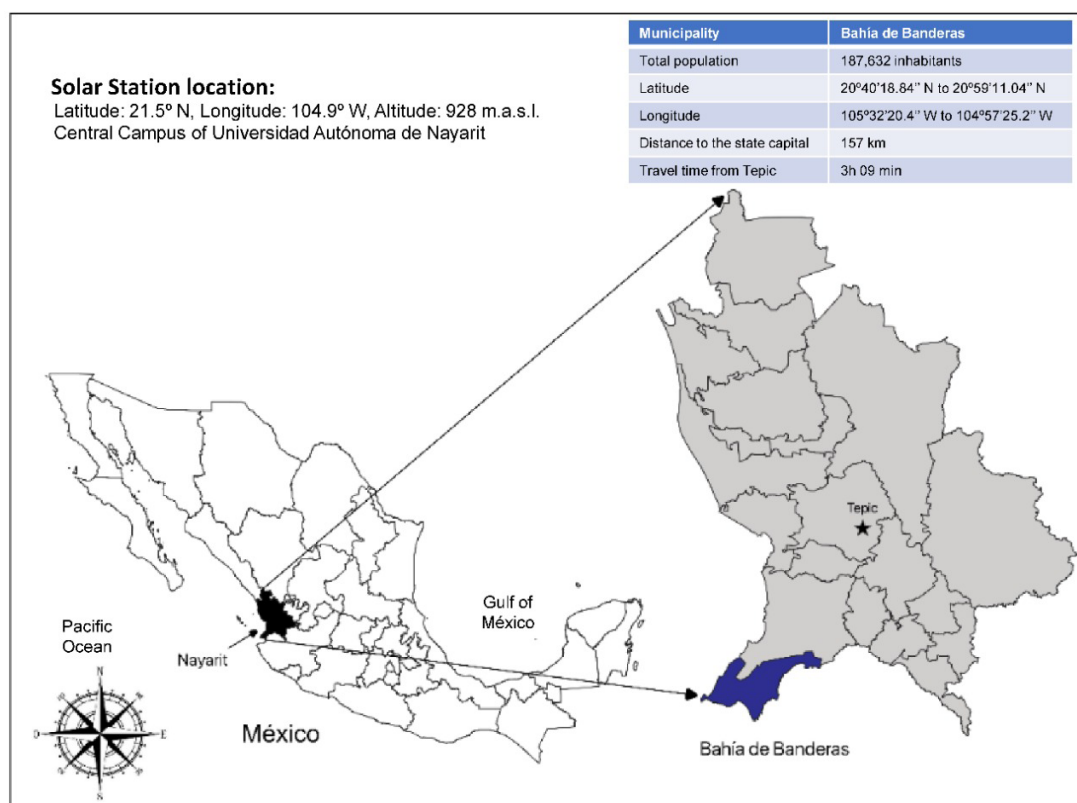
### UV index evaluation through surface measured data.

The solar station is located at geographical coordinates 21.5° N, 104.9° W at 928 masl, at the central campus of the Universidad Autónoma de Nayarit, in the city of Tepic, Nayarit. Figure 2 shows the macro-location of the study sites.

## Resultados y Discusión

### Evaluación del índice UV con datos medidos en superficie

La estación solar está ubicada en las coordenadas geográficas 21.5° N, 104.9° W a 928 msnm, en el campus central de la Universidad Autónoma de Nayarit, en la ciudad de Tepic, capital del estado de Nayarit. En la Figura 2 se muestra la macro-localización de los sitios de estudio.



**Figure 2. Macro-location of the solar station sites in Tepic City, Nayarit, and the municipality of Bahía de Banderas on the southern coast of the state.**

**Figura 2. Macro-localización los sitios de ubicación de la estación Solar en la Ciudad de Tepic, Nayarit y el municipio de Bahía de Banderas en la costa sur del estado.**

For solar UV-B radiation, up to 1440 measurements were recorded each day, so 1,006,848 measurements were analyzed (100 %) distributed in the period from 2019 to 2020, where all atmospheric conditions were considered, for which, by visual inspection, the historical series graphs were reviewed to select only complete daily records,

Para la radiación solar UV-B, se registraron cada día hasta 1440 mediciones, por lo que se analizaron 1,006,848 mediciones (100 %) distribuidas en el periodo de 2019 a 2020, donde fueron consideradas todas las condiciones atmosféricas, para la cual, por inspección visual, se revisaron las gráficas de series históricas para seleccionar únicamente

in total 826,560 measurements were selected (82 %), and through data validation, out of range and negative values were discarded, giving a total of validated data by visual inspection and range filter of 821,535 measurements (81.6 %); the equivalent of 570 days analyzed. The final results were processed by setting the same percentage value with the average of each month, so the final value represents the annual average of the behavior of the UV index, composed of the monthly average values, regardless of the different number of records for each month analyzed.

Figure 3 shows the descriptive statistics of the behavior, availability, and variability of the surface UV index. Six curves are observed: i) The arithmetic mean of the UV index value, which reaches a maximum value of 10.06 or very high), ii) The first quartile of measured data (25 %) which is below an index of 9.17 or very high; iii) The second quartile (Q2 or median) which represents that 50 % of the measured and sorted data is below an index of 10.64 or very high; iv) The third quartile (Q3) represents that 75 % of the measured and sorted data is below an index of 11.46 or extreme. Percentile values (v) 5 and (vi) 95 state that, for Tepic, Nayarit, the maximum value of the annual UV index ranges from 6.28 (high) to 12.4 (extreme), at least 50 % of the days of the year, the UV index ranges around 10.64 (very high), with variability from maximum indexes of 9.17 (very high), to 11.46 (extreme).

registros diarios completos, en total fueron seleccionadas 826,560 mediciones (82 %), y por validación de datos, se descartaron valores fuera de rango y negativos, lo que da un total de datos validados por inspección visual y filtro de rango de 821,535 mediciones (81.6 %); el equivalente a 570 días analizados. Los resultados finales se procesaron fijando el mismo valor porcentual con el promedio de cada mes, por lo que el valor final representa el promedio anual del comportamiento del índice UV, compuesto por los valores de promedio mensual, independientemente de que exista un número de registros diferente para cada mes analizado.

En la Figura 3 se muestra la estadística descriptiva del comportamiento de la disponibilidad y variabilidad del índice UV medido en superficie. Se observan seis curvas: i) La media aritmética del valor del índice UV, que alcanza un valor máximo de 10.06 o muy alto), ii) El primer cuartil de datos medidos (25 %) que está por debajo de un índice de 9.17 o muy alto; iii) El segundo cuartil (Q<sub>2</sub> o mediana) que representa que el 50 % de los datos medidos y ordenados están por debajo de un índice de 10.64 o muy alto; iv) El tercer cuartil (Q<sub>3</sub>) representa que el 75 % de los datos medidos y ordenados están por debajo de un índice de 11.46 o extremo. Los valores de Percentil v) 5 y vi) 95 afirman que, para la ciudad de Tepic, Nayarit, el valor máximo del índice UV anual oscila entre 6.28 (alto) hasta 12.4 (extremo), al menos el 50 % de los días del año, el índice UV oscila alrededor de 10.64 (muy alto), con una variabilidad desde índices máximos de 9.17 (muy alto), hasta 11.46 (extremo).

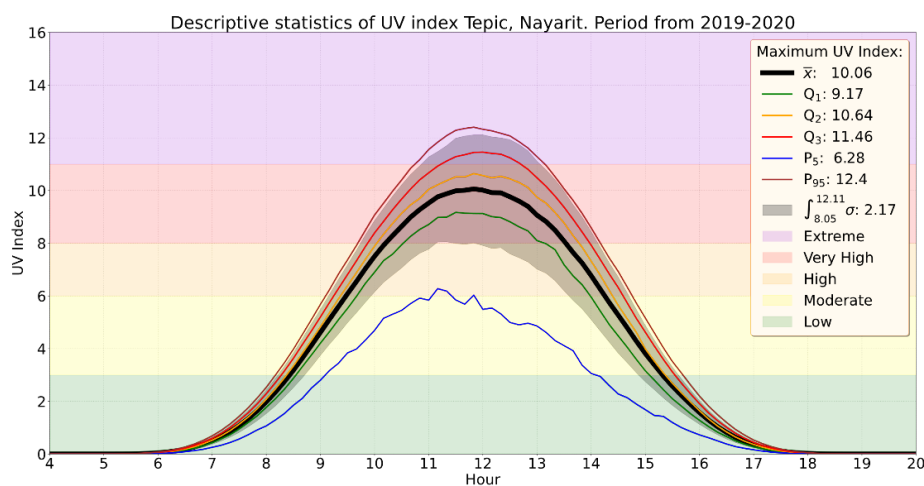


Figure 3. Descriptive statistical analysis of the UV index in Tepic, Nayarit.

Figura 3. Análisis estadístico descriptivo del índice UV en Tepic, Nayarit.

Figure 4 shows the average hourly behavior of the monthly UV index. The highest risk or extreme values occur between 12:00 and 14:00 hours during the months of March to June when solar declination is positive and there is more energy per unit area, in addition to the fact that these are the driest months of the year and there is little or no cloud cover, and these are hours when the population in general and tourists in particular, carry out a large number of outdoor activities. It is also observed that during the months of February to October between 11:00 and 15:00 hours, there are very high-risk values and they are present almost all year round at the times when people carry out the greatest amount of outdoor activities. The UV index values of low and moderate risk cover a greater part of the day throughout the year, these values occur at times when people are mainly active indoors. Finally, high values are scarce since they are transitional.

En la Figura 4 se muestra el comportamiento horario promedio del índice UV mensual, los valores de mayor riesgo o extremos se presentan entre las 12:00 y 14:00 horas durante los meses de marzo a junio cuando la declinación solar es positiva y existe mayor energía por unidad de área, aunado a que son los meses más secos del año y hay poca o nula cobertura nubosa, además de que son horas donde la población en general y los turistas en particular, realizan una gran cantidad de actividades al aire libre. Se observa también que durante los meses de febrero a octubre entre las 11:00 y 15:00 horas, se presentan valores de riesgo muy alto y están presentes casi todo el año en los horarios donde las personas desarrollan la mayor cantidad de actividades en exteriores. Los valores de índice UV de riesgo bajo y moderado abarcan un mayor tiempo del día durante todo el año, estos valores se dan en horarios donde la actividad de las personas se desarrolla principalmente en interiores. Por último, los valores altos, son escasos ya que son de transición.

UTC -7		Average hourly UV index for each month in Tepic, Nayarit. 2019-2020												Mean		
Hour	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	8	0.3	0.4	0.9	1.5	1.9	1.6	1.4	1.2	1.1	0.9	0.7	0.3			1.0
	9	1.3	1.8	3.2	4.2	4.6	4.1	3.5	3.3	3.3	2.9	2.3	1.5			3.0
	10	3.5	4.4	6.4	7.6	7.9	7.3	6.5	6.5	6.3	5.7	4.6	3.3			5.8
	11	5.7	7.2	9.7	10.5	10.7	10.2	9.2	9.0	9.0	8.3	6.7	5.1			8.4
	12	7.2	9.0	11.4	12.3	12.2	11.8	10.8	10.5	10.2	9.5	7.6	6.1			9.9
	13	7.0	9.4	11.6	12.3	12.1	11.5	10.9	10.7	9.9	9.0	6.9	5.9			9.8
	14	5.9	8.0	10.1	10.6	10.5	10.0	9.3	9.2	8.1	7.0	5.5	4.6			8.2
	15	3.8	5.5	7.0	7.6	7.5	7.1	6.5	6.0	5.0	4.2	3.2	2.8			5.5
	16	1.8	2.9	3.7	4.2	4.2	3.8	3.2	3.2	2.3	1.8	1.3	1.2			2.8
	17	0.5	0.9	1.3	1.5	1.7	1.6	1.3	1.3	0.7	0.4	0.2	0.3			1.0
	18	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0			0
Month	JAN	FEB	MAR	APR	MAY	JUN	JUL	AUG	SEP	OCT	NOV	DEC			Max	
Maximun UV Index	7.2	9.4	11.6	12.3	12.2	11.8	10.9	10.7	10.2	9.5	7.6	6.1			12.3	

Figure 4. Average hourly UV index for each month in Tepic, Nayarit.  
 Figura 4. Promedio horario del índice UV por mes en Tepic, Nayarit.

Figure 5 shows the absolute maximum values of the UV index. A bimodal trend behavior biased to the right is observed, where the mode is distributed between values from 13 to 15 or extreme. The results suggest that for more than 7 months, maximum values of UV index are extreme risk values, the rest of the year, maximum values of UV index remain in a very high-risk interval. Maximum values of UV index in the high-risk level are rare and are very unlikely to occur.

En la Figura 5 se muestran los valores máximos absolutos del índice UV. Se observa un comportamiento de tendencia bimodal sesgado a la derecha, donde la moda se distribuye entre los valores de 13 a 15 o extremo. Los resultados permiten afirmar que durante más de 7 meses del año los máximos del índice UV son valores de riesgo extremo, el resto del año los valores máximos del índice UV permanecen el intervalo de riesgo muy alto. Los valores máximos del índice UV en el nivel de riesgo alto son escasos y es muy poco probable que ocurran.

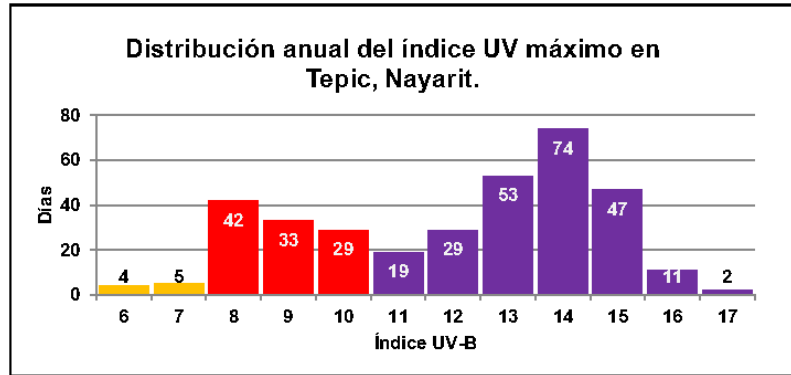


Figura 5. Distribución anual del índice UV máximo en Tepic, Nayarit durante el periodo 2019-2020.  
Figure 5. Annual distribution of the maximum UV index in Tepic, Nayarit during the period 2019-2020.

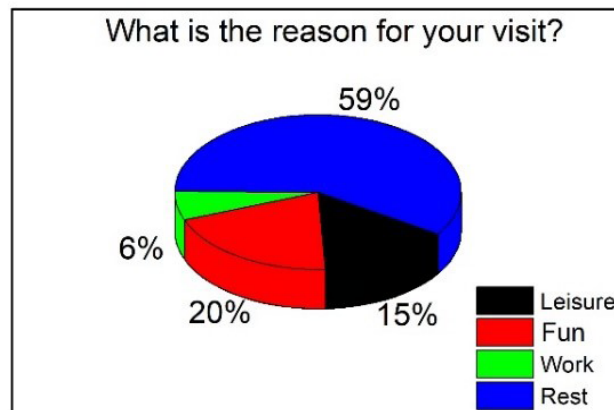


Figure 6. Experience of sun and beach tourists on the Nayarit coast.  
Figura 6. Experiencia vivida por el turista de sol y playa en costas nayaritas.

### **Experience of sun and beach tourists on the Nayarit coast as influenced by exposure to solar radiation.**

From a total of 140 randomly selected respondents of legal age who were engaged in tourism activity in all-inclusive sun and Beach hotels on the southern coast of Nayarit during the September-October 2021 season, 11 have a master's degree, 88 have a bachelor's degree, and 41 have a high school education. Figure 6 shows the responses of the respondents on the reasons and their experiences during their stay at the destination. Fifty-nine percent of the people surveyed made their trip for rest, 20 % for fun, 6 % for work and 15 % for leisure. When asked about their experience during their stay in the destination, 49 % of respondents answered: "How was your experience during your stay in the destination? Forty-nine percent of the respondents answered that their stay was excellent, 46 % that it was good, 5 % regular and none said it was bad. On the possibility of returning to the place, 94 % gave positive answers about their return and only 6 % answered negative opinions.

### **Tourist knowledge about solar radiation and the UV index**

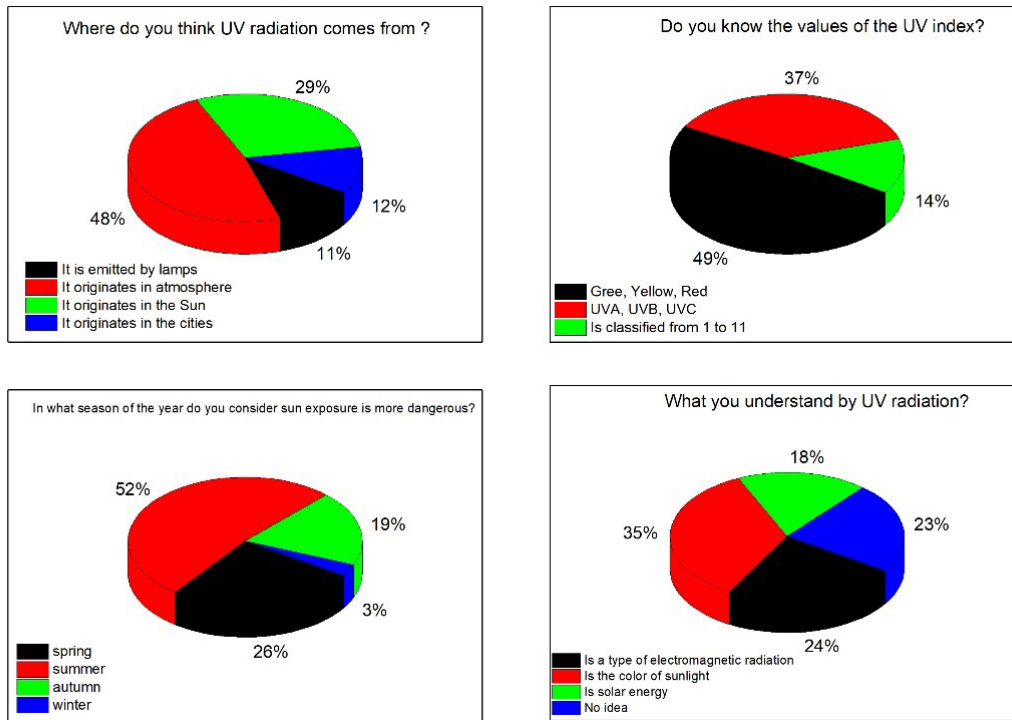
Figure 7 shows the results of tourists' knowledge of solar UV radiation. Of 140 respondents, 78 % responded that they do know what UV radiation is and 22 % do not know what it is. When asked what they understand by UV radiation, 24 % responded that UV radiation is a type of electromagnetic radiation, 35 % associated it with the color of sunlight, 18 % mentioned that it is solar energy, and 23 % admitted not understanding what UV radiation is. They were also asked Where do you think UV radiation comes from?, to which 47 % said that the radiation originates in the atmosphere, 29 % mentioned that it originates in the sun, 12 % that it originates in cities and 11 % answered that it is emitted by lamps. Regarding the respondents' knowledge of the UV index, to the question Do you know the values of the UV index? 49 % answered that it is expressed by the color green, yellow and red, 37 % answered that the indexes are UV-A, UV-B, and UV-C and 14 % answered that the UV index is classified from 1 to 11. Finally, they were asked, In what season of the year do they consider sun exposure is more dangerous? Of this, 26 % said in spring, 52 % in summer, 19% in autumn, and only 3 % in winter.

### **Experiencia vivida por el turista de sol y playa en costas nayaritas influenciada por la exposición a la radiación solar.**

De un total de 140 encuestados mayores de edad, seleccionados aleatoriamente que se encontraban realizando actividad turística en hoteles todo incluido de sol y Playa en la costa sur de Nayarit durante la temporada septiembre-octubre 2021, 11 tienen grado de maestría, 88 tienen estudios de licenciatura, y 41 de preparatoria. En la Figura 6 se muestran las respuestas de los encuestados sobre los motivos para estar en ese destino turístico y su experiencia durante la estancia en el destino. El 59 % de las personas encuestadas realizaron su viaje por descanso el, 20 % por diversión, 6 % por trabajo y 15 % por ocio. Al cuestionarles ¿cómo había sido su experiencia durante su estancia en el destino? El 49 % de los encuestados respondió que su estancia estaba siendo excelente, 46 % que buena, el 5 % regular y ninguno comentó que fuera mala. Sobre la posibilidad para regresar al lugar el 94 % dio contestaciones positivas sobre su regreso y sólo el 6 % contestó opiniones negativas.

### **Conocimiento del turista sobre la radiación solar y el índice UV**

En la Figura 7 se muestran los resultados sobre los conocimientos de los turistas sobre radiación solar UV. De los 140 encuestados, 78 % respondió que sí sabe qué es la radiación UV y el 22 % no conoce el tema. Al cuestionarles lo que entienden por radiación UV el 24 % respondió que la radiación UV es un tipo de radiación electromagnética, 35 % lo asocia con el color de la luz solar, el 18 % mencionó que es energía solar y el 23 % admitió no entender qué es la radiación UV. También se les preguntó ¿De dónde cree que proviene la radiación UV?, a lo que el 47 % dijeron que las radiaciones se originan en la atmósfera, 29 % mencionaron que se originan en el sol, 12 % que se originan en las ciudades y el 11 % contestó que se emitían mediante lámparas. Sobre el conocimiento que tienen los encuestados sobre el índice UV, ante la pregunta ¿Conoce los valores del índice UV? el 49 % respondió que ésta se expresa por el color verde, amarillo y rojo, el 37 % respondió que los índices son UV-A, UV-B y UV-C y el 14 % contestó que el índice UV se clasifica del 1 al 11. Finalmente, se les preguntó ¿En qué estación del año considera que exponerse al sol es más peligroso? A lo que el 26 % dijo que, en primavera, el 52 % en verano, el 19 % en otoño y el 3 % en invierno.



**Figure 7. Tourist knowledge of solar radiation and UV index.**  
**Figura 7. Conocimiento del turista sobre la radiación solar y el índice UV**

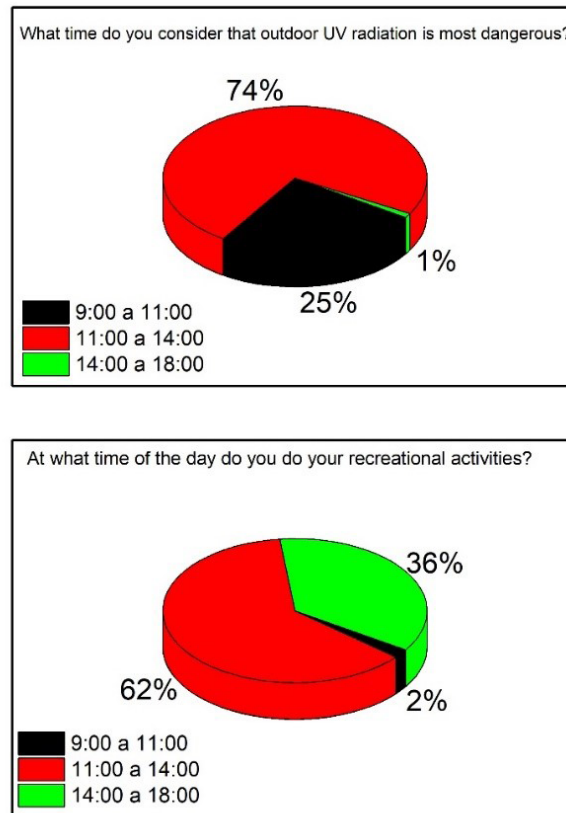
**Evaluation of tourist practices related to solar radiation exposure**

The relationship between tourist recreational practices during their stay at the destination and solar exposure was determined through non-participatory observation and the survey. Figure 8 shows the responses of the tourists when asked At what time of the day do you do your recreational activities?, of the 140 respondents 2 % responded that from 9:00 to 11:00 a.m. they do these activities, 62 % responded that they do their recreational activities from 11:00 a.m. to 2:00 p.m. and 36 % responded that from 2:00 p.m. to 6:00 p.m. They were also asked the question What time do you consider that outdoor UV radiation is most dangerous? 25 % responded that it is from 9:00 am to 11:00 am, 74 % of the respondents consider that the time when radiation is most harmful is from 11:00 am to 2:00 pm, and 1 % responded that it is from 2:00 pm to 6:00 pm.

**Evaluación de las prácticas del turista relacionadas con la exposición a la radiación solar**

La relación entre las prácticas recreativas del turista durante su estancia en el destino, y la exposición solar se determinaron mediante la observación no participativa y la encuesta. En la Figura 8 se muestran las respuestas de los turistas al preguntarles ¿En qué horario del día hace sus actividades recreativas?, de los 140 encuestados el 2 % respondió que de 9:00 a 11:00 realiza estas actividades, el 62 % respondió que realiza sus actividades recreativas de las 11:00 h a las 14:00 h y el 36 % respondió que de las 14:00 a las 18:00 h. También se les hizo la pregunta ¿Qué horario considera que la radiación UV al aire libre es más peligrosa? el 25 % respondió que de 9:00 a 11:00 de la mañana, el 74 % de los encuestados consideran que el horario en que la radiación es más dañina es de las 11:00 a las 14:00 h, y el 1 % respondió que de las 14:00h a las 18:00 h.





**Figure 8. Tourist practices linked to solar radiation exposure.**

**Figura 8. Prácticas del turista relacionadas con la exposición a la radiación solar**

Finally, they were asked if they consider important the alerts on the intensity of the UV radiation index in the atmosphere, to prevent solar burns, to which 94 % of the 140 respondents answered that they did consider it important to be informed about this while 6 % did not consider it important.

Finalmente, se les preguntó si considera importante las alertas de intensidad del índice de radiación UV en la atmósfera, para prevenir quemaduras ocasionadas por la radiación solar, a lo que el 94 % de los 140 encuestados respondió que sí consideraron importante ser informados sobre esto mientras que el 6 % no lo considera importante.

## Discussion

Estimating the risk of harmful effects of solar UV radiation requires detailed knowledge of the intensity and spectral composition of the global radiation reaching the Earth's surface (Seidlitz *et al.*, 2001). In this work, it is demonstrated for the city of Tepic, that the highest risk or extreme UV index values occur between 13:00 and 14:00

## Discusión

La estimación del riesgo de los efectos perjudiciales de la radiación solar UV requiere un conocimiento detallado de la intensidad y la composición espectral de la radiación global que llega a la superficie de la Tierra (Seidlitz *et al.*, 2001). En este trabajo, se demuestra para la ciudad de Tepic, que los valores del índice UV de mayor riesgo o extremos

hours during the months of March to June when the solar declination is positive and there is more energy per unit area, in addition to the fact that these are the driest months of the year and there is little or no cloud cover, and that these are hours when the population in general and tourists in particular, perform a large number of outdoor activities. The results coincide with those reported by Castanedo-Cazares and collaborators who found extreme exposure risk values during those months of the year, for a study conducted in the city of San Luis Potosí (Castanedo-Cazares *et al.*, 2012). It is important to mention that not only the frequency of the presence of extreme and very high values is a risk for the population, but also the time that these values are present, therefore, the exposure times to acquire 1 MED should be made known to all people, with the aim of providing information on the health risks caused by prolonged exposure if care and adequate protection are not taken.

The Organization for Economic Cooperation and Development (OECD) recommends regulatory changes for the tourism sector in Mexico, to evaluate the scientific basis based on international standards for UV radiation regulations involving content and design of warnings, and to redefine a recommended exposure program in the tourism sector, and the possible calculation of recommended annual dose limits. Thus, the results of the present study, although local in nature, are important at the national level and contribute to the design of public tourism policies, to understand of interactions between beach tourists and solar radiation and, consequently, modify their behavior toward a culture of care and protection against prolonged exposure to solar radiation. Finally, it is important to mention that UV-B radiation measurements were taken in Tepic city, the capital of the Nayarit state, and the surveys were applied 156 km away from the measurement site, in Bahía de Banderas on the southern coast of the state, so it is expected that the UV index levels at the study site will be slightly lower, due to the misty and cloudy conditions of the coastal areas. However, surface UV-B radiation measurements should be taken at the study site to generate accurate information on the UV index in the coastal zone of the state, or to estimate the UV index using mathematical models from global radiation data, which motivates us to continue research efforts with this approach in future work.

se presentan entre las 13:00 y 14:00 horas durante los meses de marzo a junio cuando la declinación solar es positiva y existe mayor energía por unidad de área, aunado a que son los meses más secos del año y hay poca o nula cobertura nubosa, además de que son horas donde la población en general y los turistas en particular, realizan una gran cantidad de actividades al aire libre. Los resultados coinciden con lo reportado por Castanedo-Cazares y colaboradores quienes encontraron valores de riesgo de exposición extremos durante esos meses del año, para un estudio realizado en la ciudad de San Luis Potosí (Castanedo Cázares *et al.*, 2012). Es importante mencionar que no sólo la frecuencia de la presencia de valores extremos y muy altos es de riesgo para la población, también el tiempo que están presentes dichos valores, por lo tanto, los tiempos de exposición para adquirir 1 MED deben darse a conocer a todas las personas, con el objetivo de brindar información sobre los riesgos a la salud que provoca una exposición prolongada si no se tienen cuidados y la protección adecuada.

La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD) recomienda para el sector del turismo en México cambios reglamentarios, evaluar la base científica basada en los estándares internacionales de las regulaciones sobre radiación UV que involucran el contenido y el diseño de advertencias, asimismo, redefinir en el sector turístico un programa de exposición recomendado, y el posible cálculo de los límites de dosis anuales recomendadas. Así los resultados del presente estudio, no obstante que son de carácter local, son importantes a nivel nacional y contribuyen al diseño de políticas públicas turísticas, al entendimiento del turista de sol y playa en su interacción con la radiación solar y, en consecuencia, a modificar su comportamiento hacia una cultura de cuidado y protección ante la exposición prolongada a la radiación solar. Finalmente, es importante mencionar que las mediciones de radiación UV-B fueron realizadas en la ciudad de Tepic, capital del estado de Nayarit, y las encuestas para fueron aplicadas a 156 km de distancia del sitio de medición, en Bahía de Banderas en la costa sur del estado, por lo que se espera que los niveles del índice UV en el sitio de estudio sean ligeramente menores, debido a las condiciones de bruma y nubosidad de las zonas costeras. Sin embargo, se deberán realizar mediciones de radiación UV-B en superficie en el sitio de estudio, para generar información certera del índice UV en la zona costera del estado, o bien, estimar el índice UV mediante modelos matemáticos a partir de datos de radiación global, lo que nos motiva a continuar esfuerzos de investigación con ese enfoque en trabajo futuro.

## Conclusions

The construction of a UV index for the city of Tepic, Nayarit with surface measurements, from data obtained from RESOLMEX, as well as statistical analysis to determine with high certainty the variability and availability of UV-B radiation levels, are the main conclusion of the present work. The results show that the UV index in Tepic, Nayarit reaches extreme values during solar noon, during the months of March to June. However, daily maximum values indicate that from March to October extreme values of the UV index are registered. The sun and beach tourists surveyed in the present study, staying in all-inclusive hotels on the southern coast of Nayarit, are knowledgeable about solar radiation, however, they are totally unaware of specific concepts about UV radiation. Respondents have a high preference for the tourist destination, however, the lack of knowledge about the damages of prolonged exposure to UV radiation during recreational activities indicates that they are exposed to solar radiation at peak hours, for a prolonged time, so they are at risk of suffering burns, which may cause severe skin damage. Non-participatory observation in the tourist recreation sites analyzed in this study shows that tourists do have behaviors and practices focused on sun protection, such as the use of sunglasses, hats, umbrellas, and sunscreen creams; however, more research is needed to determine how to help tourists understand and use the information on the UV index for effective protection. Likewise, programs should be defined in the health sector to help the population, in general, to be aware of the risks of exposure to the sun at peak hours and act accordingly, and specifically, in the tourism sector, values of the UV index during recreational activities should be made well-known to all people, with the objective of providing information on health risks caused by prolonged exposure if care and adequate protection are not taken, especially at peak hours.

## Acknowledgments

To CEMIE SOL P16, Adriana González Cabrera and to the Red Solarimétrica Mexicana (RESOLMEX). To CONACyT for the scholarship granted for graduate studies of the students: Lilia Cristerna Solís and Fabián

## Conclusiones

La construcción del índice UV para la ciudad de Tepic, Nayarit con mediciones realizadas en superficie, a partir de datos obtenidos de la RESOLMEX, así como el análisis estadístico de los datos para determinar con alta certidumbre la variabilidad y disponibilidad de los niveles de radiación UV-B es la principal conclusión del presente trabajo. Los resultados demuestran que el índice UV en Tepic, Nayarit alcanza valores extremos durante el mediodía solar, durante los meses de marzo a junio. Sin embargo, valores máximos diarios indican que desde marzo hasta octubre se registran valores extremos del índice UV. Los turistas de sol y playa encuestados en el presente estudio, hospedados en hoteles todo incluido en la costa sur de Nayarit, tienen conocimiento con respecto al tema de la radiación solar, sin embargo, desconocen totalmente conceptos específicos sobre la radiación UV. Los encuestados tienen una alta preferencia por el destino turístico, sin embargo, el desconocimiento sobre los daños de la exposición prolongada a la radiación UV durante las actividades recreativas indica que éstos se exponen a la radiación solar en el horario de máxima intensidad, durante periodos prolongados de tiempo, por lo que corren el riesgo de sufrir quemaduras, lo que les puede ocasionar un daño severo a la salud. La observación no participativa en los sitios de recreación turística analizados en este estudio demuestra que los turistas sí tienen comportamientos y prácticas enfocadas a la protección solar, como el uso de gafas, sombreros, sombrillas y cremas de protección solar, sin embargo, se necesita más investigación para determinar cómo ayudar al turista a comprender y utilizar la información sobre el índice UV para una protección eficaz. Asimismo, se debe definir en el sector salud programas que ayuden a la población en general a tener conocimiento de los riesgos de exponerse al sol en horarios de máxima intensidad y actuar en consecuencia y específicamente en el sector turístico los valores del índice UV durante las actividades recreativas deben darse a conocer a todas las personas, con el objetivo de brindar información sobre los riesgos a la salud que provoca una exposición prolongada si no se tienen cuidados y la protección adecuada, sobre todo en horarios de máxima intensidad.

## Agradecimientos

AICEMIE SOLP16, Adriana González Cabrera y a la Red Solarimétrica Mexicana (RESOLMEX). Al CONACyT por la beca otorgada para estudios de posgrado para los alumnos:

Andrés González Ramírez To the Academic Group UAN CA 01, for the review and validation of the questionnaire applied.

Lilia Cristerna Solís y Fabián Andrés González Ramírez. Al Cuerpo Académico UAN CA 01, por la revisión y validación del cuestionario aplicado.

## Referencias

- Arasli, H., & Baradarani, S. (2014). European Tourist Perspective on Destination Satisfaction in Jordan's Industries. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 109, 1416–1425. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2013.12.645>
- Bachimon, P., Decroly, J.-M., & Knafo, R. (2016). Experiencias turísticas y trayectorias de vida. *Via Tourism Review*, (10), 1–20. <https://doi.org/10.4000/viatourism.1340>
- Basset, H. A., & Korany, M. H. (2007). The global and UV-B radiation over Egypt. *Atmosfera*, 20(4), 341–358.
- Benedetti, J. (2019). Introducción a la radiación solar y las lesiones de la piel - Trastornos de la piel - Manual MSD versión para público general. 1–4. <https://www.msmanuals.com/es-es/hogar/trastornos-de-la-piel/radiación-solar-y-lesiones-de-la-piel/introducción-a-la-radiación-solar-y-las-lesiones-de-la-piel>
- Castanedo-Cazares, J. P., Torres-Álvarez, B., Medellín-Pérez, M. E., Aguilar-Hernández, G. A., & Moncada, B. (2006). Conocimientos y actitudes de la población mexicana con respecto a la radiación solar. *Gac Med Mex*, 142(6), 451–455.
- Castanedo-Cazares, J. P., Álvarez, B. T., Ondarza, S. S., Pérez, A. E., & Moscoso, A. G. (2012). Estimación del tiempo de exposición solar para quemadura en población mexicana. *Gaceta Médica de México*, 148 (3), 243–247. [www.anmm.org.mx/bgmm/2012/3/GMM\\_148\\_2012\\_3\\_243-247.pdf](http://www.anmm.org.mx/bgmm/2012/3/GMM_148_2012_3_243-247.pdf)
- Chambi, V. (2018). *Estudio y análisis de la actividad solar, radiación solar global y radiación UV en la Ciudad de Arequipa*. 104.
- Corrêa, M. D. P., Godin-Beekmann, S., Haeffelin, M., Brogniez, C., Verschaeve, F., Saiag, P., Pazmiño, A., & Mahé, E. (2010). Comparison between UV index measurements performed by research-grade and consumer-products instruments. *Photochemical and Photobiological Sciences*, 9(4). <https://doi.org/10.1039/b9pp00179d>
- Duffie, J. A., & Beckman, W. A. (2013). Solar Engineering of Thermal Processes: Fourth Edition. In *Solar Engineering of Thermal Processes: Fourth Edition*, Part 1 (p. 45). <https://doi.org/10.1002/9781118671603>
- Floyd, L., Tobiska, W. K., & Cebula, R. P. (2002). Solar uv irradiance, its variation, and its relevance to the earth. *Advances in Space Research*, 29(10), 1427–1440. [https://doi.org/10.1016/S0273-1177\(02\)00202-8](https://doi.org/10.1016/S0273-1177(02)00202-8)
- Goulart, J. M., & Wang, S. Q. (2010). Knowledge, motivation, and behavior patterns of the general public towards sun protection. In *Photochemical and Photobiological Sciences*, 9 (4). <https://doi.org/10.1039/b9pp00122k>
- Häder, D. P., Kumar, H. D., Smith, R. C., & Worrest, R. C. (2007). Effects of solar UV radiation on aquatic ecosystems and interactions with climate change. In *Photochemical and Photobiological Sciences*, (3). <https://doi.org/10.1039/b700020k>
- Heckman, C. J., Liang, K., & Riley, M. (2019). Awareness, understanding, use, and impact of the UV index: A systematic review of over two decades of international research. In *Preventive Medicine*, 123, 71-83. <https://doi.org/10.1016/j.ypmed.2019.03.004>
- Hoil, C. A., Carbajal, J. J., Sánchez, L. P., Niebla, V. B., & Dávila, A. D. (2020). Modelo Analítico Jerárquico para la evaluación de factores turísticos en playas, 20(64), 865–898.
- Moy, V. (2021). IMCO — Competitividad estatal \_Nayarit, no todo es Bahía de Banderas. <https://imco.org.mx/competitividad-estatal-nayarit-no-todo-es-bahia-de-banderas/>
- Samaniego Rascón, D., Ferreira, A. D., & Gameiro da Silva, M. (2017). Cumulative and momentary skin exposures to solar radiation in central receiver solar systems. *Energy*, 137, 336–349. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.02.170>
- Seidlitz, H. K., Thiel, S., Krins, A., & Mayer, H. (2001). Chapter 36 Solar radiation at the Earth's surface. In *Comprehensive Series in Photosciences*, 3, 705-738 [https://doi.org/10.1016/S1568-461X\(01\)80071-5](https://doi.org/10.1016/S1568-461X(01)80071-5)
- Solar Light Co. Inc. (2006). UV-BIOMETER Manual del usuario.
- Solar Light Company Inc. (2006). Biómetro-radiómetro 501A. Manual de Usuario. <https://solarlight.com/wp-content/uploads/501-UserManual-Spanish.pdf>
- Valdés-Barrón, M., Peláez-Chávez, J. C., Bonifaz-Alfonzo, R., Riveros-Rosas, D., Velasco-Herrera, V., & Estévez-Pérez, H. (2013). UVB solar radiation climatology for Mexico. *Geofísica Internacional*, 52(1). <https://doi.org/10.1016/S0016->

[7169\(13\)71460-0](#)

World Health Organization, World Meteorological Organization, United Nations Environment Programme & International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. (2002). Global solar UV index: a practical guide. World Health Organization.