Revista del Caribe Nicaragüense
Núm. 82 | enero - junio, 2025 | e20620

e-ISSN 2308-7862
Bluefields Indian & Caribbean University (BICU)
https://doi.org/10.5377/wani.v1i82.20620
http://revistas.bicu.edu.ni/index.php/wani
wani@bicu.edu.ni

Exposición a la radiación ultravioleta solar UVB en la bahía de San Juan del Sur, Rivas en el periodo 2023

Exposure to UVB solar ultraviolet radiation in San Juan del Sur Bay, Rivas in the 2023 period

Humberto Alfonso García Montano[1]
humberto.garcia@unan.edu.ni

Yamalí Hernández Mendoza[2]
yhernandez@unan.edu.ni

José Ignacio Díaz López[3]
jdiaz@unan.edu.ni

Mercedes Ocampo Jiménez[4]
mocampo@unan.edu.ni

***Fecha de Recepción**: 06-09-2024*
***Fecha de Aprobación**: 24-06-2025*

RESUMEN

El Índice Solar Global (IUV) se desarrolló como una herramienta para medir la intensidad de la radiación ultravioleta solar (UV) en distintas regiones del mundo. Debido a las afectaciones que estas pueden ocasionar, se realizó una investigación exploratoria en la bahía de San Juan del Sur, Nicaragua durante 2023 con el objetivo de evaluar los niveles de radiación UVB y su relación con variables ambientales y astronómicas desde un enfoque físico-médico y orientado a la salud pública. Las mediciones se llevaron a cabo en diferentes momentos del día, haciendo énfasis entre las 10:00 a.m. y 2:00 p.m., cuando la radiación solar es más intensa. Para el análisis se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson, encontrando una fuerte correlación positiva entre la radiación UVB y la altura solar, y una correlación negativa con la nubosidad. Aunque no se identificó una relación directa con enfermedades como el cáncer de piel o cataratas, se reconoció que la protección individual y factores genéticos influyen en su aparición. Por otra parte, los resultados del estudio permitieron identificar franjas horarias y zonas de mayor riesgo, proponiéndose medidas preventivas como: evitar la exposición directa al sol durante las horas pico, el uso de protector solar, ropa adecuada y lentes con filtro UV. Finalmente, este estudio contribuye evidencia útil para el diseño de estrategias de salud pública y la promoción de un turismo más seguro y sostenible en Nicaragua, especialmente en zonas costeras con alta exposición solar.

[1] Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua. Centro de Investigación de Astrofísica y Ciencias espaciales (CIACE). Managua, Nicaragua
[2] Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua. Área de conocimiento: Ciencias Básicas y Tecnológicas, Departamento de Física. Managua, Nicaragua
[3] Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua. Centro de Investigación de Física de Radiaciones y Metrología de la UNAN-Managua (CIF-RAM). Managua, Nicaragua
[4] Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Managua. Área de conocimiento: Ciencias Básicas y Tecnológicas, Departamento de Física. Managua, Nicaragua

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

e-ISSN 2308-7862
Bluefields Indian & Caribbean University (BICU)
https://doi.org/10.5377/wani.v1i82.20620
Revista del Caribe Nicaragüense http://revistas.bicu.edu.ni/index.php/wani
Núm. 82 | enero - junio, 2025 | e20620 wani@bicu.edu.ni

Palabras claves: efectos de las radiaciones, protección contra radiaciones, rayos solares, rayos ultravioleta salud pública, zona costera

ABSTRACT

The Global Solar Ultra Violet Index (UVI) was developed as an instrument to measure the intensity of solar ultraviolet radiation (UV) in different regions of the world. Due to the harms that these may cause, an exploratory research oriented to public health was conducted in the bay of San Juan del Sur, Nicaragua during 2023 with the objective of evaluating the levels of UVB radiation and its relationship with environmental and astronomical variables from a physical-medical approach. Measurements were carried out at different times of the day, with emphasis between 10:00 a.m. and 2:00 p.m. when solar radiation is more intense. The analysis was conducted applying the Pearson's correlation coefficient, finding a strong positive correlation between UVB radiation and solar altitude, and a negative correlation with cloudiness. Although no direct relationship with diseases such as skin cancer or cataracts was identified, it is recognized that individual protection and genetic factors influence their occurrence. Furthermore, the results of the study made it possible to identify time slots and areas of greater risk, and propose preventive measures such as: avoiding direct exposure to the sun during peak hours, the use of sunscreen, appropriate clothing and UV filtering glasses. Lastly, this study also contributes useful evidence for the design of public health strategies and the promotion of safer and more sustainable tourism in Nicaragua, especially in coastal areas with high sun exposure.

Keywords: coastal zone, effect of radiation, protection from radiation, public health, solar rays, ultraviolet rays

PRAHNIRA AISANKA

Índice Solar Global (IUV) ba kulkaia tuls ka kum sa nahki pit kat lapta yula ultravioleta (UV) ba ai karnika wal tasba aiska baikisakankan sat sat ra wi ba. Kan sipsa sauhkanka ailal daukaia, baku mihta naha staditakanka na daukan sa San Juan del Sut, 2023 Nicaragua ra, nahki pit ka kat lapta yula UVB karnika ba bara sin wilkanka briba paskanka nani wan kan kutni briba wal bara sin pasa purara ba, kaikanka kum físico-medico maki ba bara sin wan wina kaina kahbanka lukanka wal. Kulkanka ba daukan kan pyu sat sat kakna ra, kau pali ba 10:00 a.m. bara 2:00 p.m. bilka ra, kau yu laptika ba karna pali kan pyua ra. Stadi muni laikikaikaia dukiara yus munan kan coeficiente de correlación de Pearson maki ba, baku param ra sakan sa yu laptika UVB wihki yu nahki pit purara ba wal wilkanka yamni ra aslika ba, baku sin kasbrika wal lika wilakanka saura ra aslika bri ba. Wan taya ra kiansa apia kaka nakra sikniska catarata wal lika wilkanka trabilka dairik apu kan sakuna, sip kan kaikaia upla bani ai wina kahbanka bara ai kiamka ani wina aula ba wal lika sip bal takaia ba. Bilka wala ra, staditakanka ma sakan ra sip kan kaikaia awar bara pliska nani kau trabil munan laka bri bal ba, baku kaina kahbaia warkka nani bapan sa: yu lapta karna awarka wina laiura kaia, lapta mapara kaina kahbaia saika yus munaia, kuala aitani dimaia bara sin nakra glas filto UV bri wal yus munaia. Prakaia ra, naha stadi takanka na bilka kum sa wan wina kaina kahbanka dukiara wark daukaia bara sin tawan wala wina upla nani wan kuntri ka rakirhbi warkka

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

Revista del Caribe Nicaragüense
Núm. 82 | enero - junio, 2025 | e20620
e-ISSN 2308-7862
Bluefields Indian & Caribbean University (BICU)
https://doi.org/10.5377/wani.v1i82.20620
http://revistas.bicu.edu.ni/index.php/wani
wani@bicu.edu.ni

ba kau pain trabil apu kira bara wihka warkka daukanka lukanka Nicaragua r aba wal, kau pali ba kabu un ra kau lapta yula karna pruki pliska nani ra.

Baksakan bîla: yu laptika prukanka trabilka nani ba, yu laptika kaina kahbanka, yu mina, yu ultravioleta wina tara kankahbanka, kabu un tani

Para citar en APA: García Montano, H. A., Hernández Mendoza, Y., Díaz López, J. I., & Ocampo Jiménez, M. (2025). Exposición a la radiación ultravioleta solar UVB en la bahía de San Juan del Sur, Rivas en el periodo 2023. *Wani*, (82), e20620. https://doi.org/10.5377/wani.v1i82.20620

INTRODUCCIÓN

La exposición a la radiación ultravioleta (UV) sigue siendo de interés mundial por los efectos que produce en la salud, donde el ser humano, al estar en constante exposición a numerosos agentes genotóxicos (sustancias químicas, físicas o biológicas), puede recibir daños al material genético (ADN) de sus células.

Este es un factor ambiental de creciente preocupación, especialmente en regiones costeras de Nicaragua como la bahía de San Juan del Sur. Para comprender y evaluar los riesgos asociados, se realizó un exhaustivo estudio en el periodo 2023. Este análisis se enfocó en determinar la intensidad de la radiación UV en la mencionada bahía y en correlacionarla con la posición solar, brindando así una comprensión más profunda de los patrones estacionales y diurnos.

Existen tres tipos de radiación UV: UVA, UVB y UVC; sin embargo, solo los rayos UVA y UVB logran atravesar la atmósfera terrestre, siendo responsables de efectos agudos y crónicos en la piel. Diversos estudios han demostrado que la exposición prolongada sin protección a los rayos UVB puede causar quemaduras solares, que constituyen una respuesta inflamatoria de la piel ante el daño celular (World Health Organization [WHO], 2022). Estas quemaduras no solo son dolorosas, sino que además incrementan significativamente el riesgo de desarrollar enfermedades cutáneas graves en el futuro.

El vínculo entre la exposición a la radiación ultravioleta y el cáncer de piel ha sido ampliamente documentado en la literatura científica. Según la American Cancer Society (2023), más del 90 % de los casos de cáncer de piel no melanoma están relacionados con la exposición al sol, siendo el carcinoma de células basales y el carcinoma de células escamosas los más comunes. Asimismo, la International Agency for Research on Cancer (IARC) ha clasificado la radiación solar como carcinógeno del grupo 1, lo cual significa que existe evidencia concluyente de causar cáncer en humanos (IARC, 2012).

Cabe señalar que el cáncer de piel ocupacional se caracteriza por presentar consecuencias luego de largos periodos de latencia desde años hasta décadas, pudiéndose obtener el diagnóstico cuando el sujeto, por ejemplo, un trabajador ya no está expuesto ocupacionalmente (incluso tras su jubilación), dificultándose establecer la asociación de la enfermedad con el puesto de trabajo (aun ante exposiciones ocupacionales intensas.

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

e-ISSN 2308-7862
Bluefields Indian & Caribbean University (BICU)
https://doi.org/10.5377/wani.v1i82.20620
http://revistas.bicu.edu.ni/index.php/wani
wani@bicu.edu.ni

Este estudio, tuvo como principal propósito medir la intensidad de la radiación ultravioleta y correlacionarla con la posición solar para comprender los patrones de exposición. También se exploró la relación entre esta exposición y problemas dermatológicos como quemaduras solares y cáncer de piel. Asimismo, se estableció la comparación entre la intensidad de la radiación UV y los umbrales seguros de exposición según las recomendaciones de la Organización Mundial de la Salud, WHO por sus siglas en inglés. Finalmente, basándose en los resultados obtenidos, se proponen medidas de protección y concientización para reducir los riesgos en la salud de la población.

El índice UV como predictor de riesgos para la salud relacionados con los rayos UV

El índice UV, que puede ser medida o calculada, es una forma estandarizada de representar la cantidad de RUV que llega a la Tierra en un momento y lugar determinados.

> El Sol emite diversos tipos de radiaciones como los rayos X, radiaciones ionizantes, radiaciones ultravioletas (RUV), luz visible, radiaciones infrarrojas, entre otras. Desde el punto de vista fotobiológico, el espectro solar en la superficie terrestre (nivel del mar) está formado por radiaciones con longitudes de onda de energía electromagnética comprendidas entre 290 y 3000 nm. Debido a esta gran diversidad, desde la práctica clínica se considera que el espectro solar está compuesto por radiaciones ultravioletas (290–400 nm), luz visible (400–760 nm) y radiaciones infrarrojas (>1800 nm) (Agencia Estatal de Meteorología, [AEMET], s.f.).

La ecuación 1, es utilizada para derivar el índice UV; viene dada por la Organización Mundial de la Salud, WHO (2022):

$$I_{UV} = k_{er} \times \int E_{\lambda} \times S_{er}(\lambda) d\lambda \qquad (1)$$

donde I_{UV} es el índice UV, ya sea medido o calculado; E_{λ} es la intensidad espectral solar, medida o calculada en la longitud de onda λ; y S_{er} (λ) es la eficacia eritematosa de la CIE en la longitud de onda λ. Utilizando la eficacia eritematosa, el índice UV tiene en cuenta los efectos biológicos de la radiación UV solar incidente para determinar el peligro potencial para la piel de las personas expuestas al sol.

Comúnmente, estas predicciones de IUV se crean modelando la irradiancia UV que tiene en cuenta parámetros atmosféricos relevantes (ozono total, propiedades ópticas de aerosoles y cobertura de nubes). Los modelos predictivos utilizados varían en complejidad y precisión, pero todos dependen de un buen conocimiento de los parámetros atmosféricos reales, que a menudo falta según (Pathak et al., 1976).

Las mediciones directas del índice UV mediante espectro radiómetros o detectores de banda ancha se pueden utilizar para respaldar y evaluar modelos predictivos. En todo el mundo, un gran número de instituciones miden el índice UV utilizando una amplia gama de sistemas de medición. La sensibilidad de estos instrumentos es alta en la región UVB, similar al espectro de acción del eritema, por lo que sus mediciones son convertibles a unidades de irradiancia eritemal. Los

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

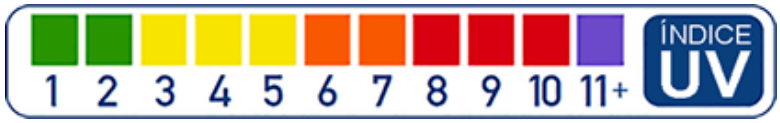
Revista del Caribe Nicaragüense
Núm. 82 | enero - junio, 2025 | e20620
e-ISSN 2308-7862
Bluefields Indian & Caribbean University (BICU)
https://doi.org/10.5377/wani.v1i82.20620
http://revistas.bicu.edu.ni/index.php/wani
wani@bicu.edu.ni

instrumentos disponibles para medir el índice UV varían en su confiabilidad, precisión y rentabilidad, y se requiere calibración y control de calidad.

La escala del índice UV que se utiliza en Estados Unidos se ajusta a las pautas internacionales para el informe de mediciones ultravioleta (IUV) establecidas por la Organización Mundial de la Salud (OMS). (Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos [EPA], 2024).

En la Figura 1, se presenta la escala del índice de UV propuesto por la EPA

Figura 1
Escala de índice UV



Nota. Lectura del índice UV. Fuente: (EPA, 2024)

0 a 2: Bajo. Una lectura de índice UV del 0 al 2 significa bajo peligro de los rayos UV del sol para una persona promedio.
3 a 5: Moderado. Una lectura de índice UV de 3 a 5 significa un riesgo moderado de daño por exposición al sol sin protección.
6 a 7: Alto. Una lectura de índice UV de 6 a 7 significa un riesgo alto de daño por exposición al sol sin protección. Es necesario protegerse la piel y los ojos para que no sufran daños.
8 a 10: Muy alto. Una lectura de índice UV de 8 a 10 significa un riesgo muy alto de daño por exposición al sol sin protección.
11 o más: Extremo. Una lectura de índice UV de 11 o más significa un riesgo extremo de daño por exposición al sol sin protección.

Como el índice UV se basa en el espectro de acción de referencia para el eritema inducido por los rayos UV en la piel humana, su función principal es la de predecir el daño de la piel; sin embargo, esta predice menos directamente los efectos de los rayos UV en los ojos o el sistema inmunológico. El riesgo para la salud individual de la UVR en cualquier valor dado en la escala IUV depende de factores personales que incluyen la duración de la exposición, el tipo de piel, la edad, la herencia genética y el uso de medidas de protección.

Este estudio exploró la relación entre la exposición acumulativa a la radiación UV y posibles implicaciones dermatológicas, tales como quemaduras solares y riesgos de cáncer de piel. La investigación no solo se limitó a cuantificar la radiación, sino que también consideró las recomendaciones de organismos de salud reconocidos, como la Organización Mundial de la Salud (WHO, 2022).

Otro aspecto clave de la investigación fue el establecer la relación entre la intensidad de la radiación UV obtenida y los umbrales seguros de exposición según las recomendaciones de la OMS (EPA,

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

e-ISSN 2308-7862
Bluefields Indian & Caribbean University (BICU)
https://doi.org/10.5377/wani.v1i82.20620
http://revistas.bicu.edu.ni/index.php/wani
wani@bicu.edu.ni

2024). Esta comparación proporciona información crucial sobre el cumplimiento de las pautas de seguridad recomendadas y el potencial riesgo para la salud de la población local.
Finalmente, el estudio abordó la necesidad imperante de mostrar los umbrales seguros de exposición, contribuyendo así a la formulación de pautas y directrices que minimicen los riesgos de daño cutáneo en la población local. En este contexto, la investigación revela el estado de la situación de la bahía de San Juan del Sur con respecto al impacto de los rayos UVB y proporciona datos valiosos para abordar la exposición a estas en entornos costeros similares, además de promover la salud dermatológica en comunidades vulnerables a estos factores ambientales.

MATERIALES Y MÉTODOS

Tipo de estudio

El presente estudio se enmarca en una investigación descriptiva de corte transversal, con un enfoque mixto que integra tanto el análisis cuantitativo como cualitativo. De acuerdo con Hernández et al. (2014), los estudios descriptivos permiten especificar propiedades, características y perfiles de personas, grupos o fenómenos, sin manipular variables, y son especialmente útiles cuando se busca obtener una visión clara y estructurada de la situación actual de un fenómeno determinado.

El enfoque cuantitativo permitió analizar la relación entre la exposición a la radiación UVB y variables ambientales como la altura solar, la nubosidad, la altitud y la cobertura superficial. Para ello, se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson, técnica estadística que, según los autores, se emplea cuando se desea determinar el grado de asociación lineal entre dos variables cuantitativas (Hernández et al., 2014). Por su parte, el enfoque cualitativo permitió contextualizar los hallazgos en relación con factores modificadores del riesgo, como el uso de protección solar o la predisposición genética, a partir de revisión documental y observaciones de campo.

Durante el período comprendido en el año 2023, se llevó a cabo un estudio observacional de tipo cuantitativo que estudia la exposición a la radiación ultravioleta tipo B (UVB) en la bahía de San Juan del Sur, Rivas, Nicaragua. Para la recolección de datos, se emplearon dispositivos GPS portátiles que permitieron georreferenciar con precisión los puntos de muestreo, así como un fotómetro digital especializado en la detección de radiación UVB.

La metodología incluyó mediciones en distintos horarios del día principalmente entre las 10:00 a.m. y las 2:00 p.m., cuando se espera mayor incidencia solar en días representativos de cada estación climática. Posteriormente, los datos fueron procesados y analizados mediante herramientas estadísticas, incluyendo estadística descriptiva y el coeficiente de correlación de Pearson, con el objetivo de determinar los niveles de exposición UVB en distintas zonas de la bahía y evaluar su relación con variables ambientales como la nubosidad, altitud y cobertura superficial.

Adicionalmente, se utilizaron representaciones gráficas y comparaciones de grupos para facilitar la interpretación de los resultados. Esta metodología permitió identificar áreas de mayor riesgo por

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

e-ISSN 2308-7862
Bluefields Indian & Caribbean University (BICU)
https://doi.org/10.5377/wani.v1i82.20620
http://revistas.bicu.edu.ni/index.php/wani
wani@bicu.edu.ni

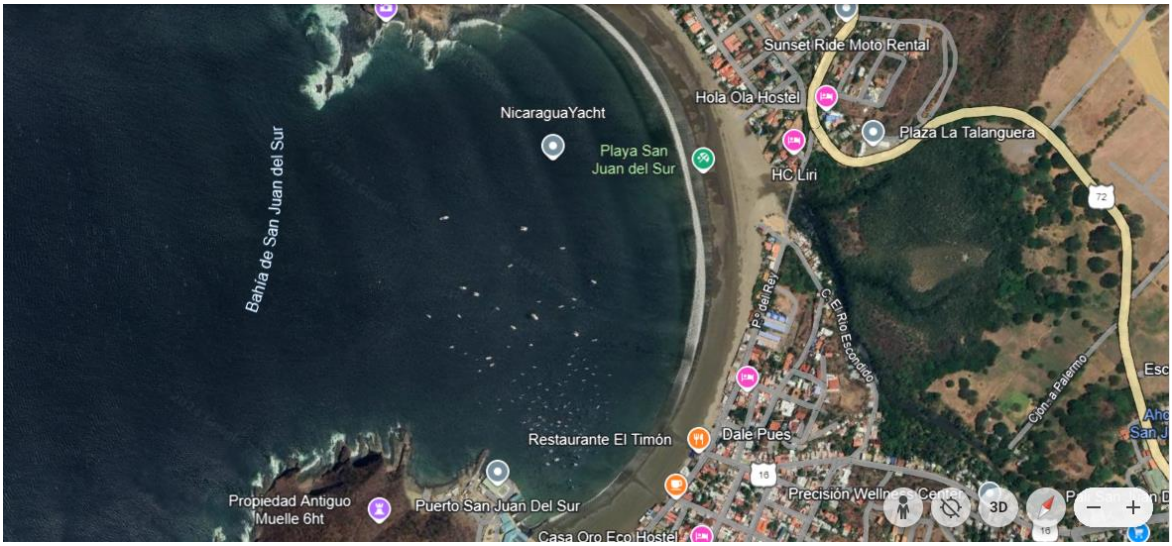
sobreexposición UVB, generando información útil para futuras estrategias de salud pública y turismo sostenible en la región.

Los instrumentos utilizados para la recopilación de datos fueron: un Fotómetro UV digital marca Sunknown (0-20 UVI, 0.5 step), un GPS digital y una brújula de bolsillo, ubicándose el investigador en puntos o lugares más comunes donde los visitantes transcurren en la bahía de San Juan del Sur, Rivas.

Participantes y contextualización

El estudio se realizó en la bahía de San Juan del Sur, ubicada en la latitud 11.25292 y longitud -85.87049. Forma parte del Continente de América y está en el hemisferio norte. El universo y la muestra del estudio fueron constituidos por un área comprendida 1.08 km^2. Las mediciones se hicieron una vez al mes para observar el comportamiento de los rayos en los meses de julio a diciembre 2023 y su relación con las estaciones, esto según la disponibilidad de tiempo de los investigadores.

Figura 2
Ubicación del área de estudio



Fuente: (Google Earth)

Instrumentos utilizados

Para la recolección de datos en la Bahía del San Juan del Sur se utilizaron los siguientes instrumentos:

Fotómetro UV digital: Se utilizó un fotómetro de alta resolución marca Sunknown para medir la intensidad de la radiación ultravioleta en el rango de 190 nm a 1100 nm**.**

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

e-ISSN 2308-7862
Bluefields Indian & Caribbean University (BICU)
https://doi.org/10.5377/wani.v1i82.20620
http://revistas.bicu.edu.ni/index.php/wani
wani@bicu.edu.ni

Dispositivo de protección personal: Se utilizaron gafas de seguridad con protección UV y protector solar de amplio espectro para evitar la exposición directa a la radiación UV durante las mediciones al aire libre.

Métodos

Mediciones de radiación UV: Se colocaron las muestras en la bandeja de muestra del espectrofotómetro y se realizaron mediciones de la intensidad de radiación UV a diferentes longitudes de onda. También se registraron los valores de absorbancia para cada muestra.

Correcciones de fondo: Se realizaron mediciones de fondo utilizando un blanco (sin muestra) para cada longitud de onda para así corregir las mediciones de absorbancia de las muestras y eliminar posibles interferencias.
Análisis de datos: Se calcularon los valores de absorbancia corregidos para cada muestra y se analizaron para determinar la respuesta de las muestras a la radiación UV. Asimismo, se utilizaron métodos estadísticos para evaluar la significancia de las diferencias entre muestras.

Validación de resultados: Se realizaron mediciones repetidas y se calculó la desviación estándar para evaluar la reproducibilidad de los resultados. Además, se compararon los resultados obtenidos con mediciones independientes realizadas utilizando métodos alternativos para validar la precisión de las mediciones de radiación UV.

Es importante destacar que para esta investigación se tomaron datos de en dos momentos: primero, se tomaron datos in situ en la bahía de San Juan del Sur con detectores portátil y segundo se usó la plataforma de Geovanni de la NASA para medir los valores de radiación UV. Además, se escogieron fechas próximas al cambio de las estaciones astronómicas debido a la relación de la intensidad UV versus la altura del Sol; por consiguiente, las mediciones se realizaron una vez al mes.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Posterior a la recolección de datos, estos fueron procesados y analizados mediante herramientas estadísticas. Se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson para evaluar la relación lineal entre los niveles de radiación UVB registrados y variables ambientales como la nubosidad, altitud y cobertura superficial. Este análisis permitió determinar en qué medida estas variables influyen en la exposición solar, identificando áreas con mayor riesgo por sobreexposición UVB.

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

e-ISSN 2308-7862
Bluefields Indian & Caribbean University (BICU)
https://doi.org/10.5377/wani.v1i82.20620
http://revistas.bicu.edu.ni/index.php/wani
wani@bicu.edu.ni

Tabla 1
Datos estadísticos de las mediciones de UVB

Variable Ambiental	Coeficiente de correlación (r)	Significancia (p)
Nubosidad (%)	-0.65	0.01
Altitud (msnm)	0.48	0.03
Cobertura vegetal (%)	-0.70	0.005

Los resultados reflejados en la tabla 1, proporcionan información útil para el diseño de estrategias de salud pública y turismo sostenible en el departamento de Rivas, Nicaragua.

Tabla 2
Intensidad del índice UV vs hora San Juan del Sur, Rivas

San Juan Sur, Rivas	Intensidad UV	Intensidad UV	Intensidad UV	Intensidad UV	Intensidad UV	Intensidad UV
Hora	22-jul	20-ago	24-sep	20-oct	19-nov	16-dic
09:00:00	5.4	4.2	10.1	10.4	5.4	3.4
10:00:00	5.1	6.2	10.5	10.0	7.8	3.8
11:00:00	4.4	8.0	10.3	9.5	6.0	5.5
12:00:00	3.3	8.6	11.0	12.0	7.1	5.8
13:00:00	8.9	7.7	10.8	12.9	8.6	9.0
14:00:00	7.3	4.0	9.8	10.5	7.3	7.5
15:00:00	6.9	2.1	5.5	6.8	1.8	2.3
16:00:00	4.3	1.3	3.5	4.0	0.8	0.7
17:00:00	1.0	0.3	1.0	2.0	0.5	0.1

En la tabla 2, se presentan las mediciones realizadas. Por cada hora, se tomaron medidas en intervalos de 15 minutos y posteriormente se promediaron para obtener un mejor valor. La columna 1, corresponde a las horas de inicio que varían desde las 9:00 a.m., hasta las 5:00 p.m., y las columnas 2 a 7 corresponden a la intensidad de UV medidas y las fechas en que fueron realizadas.

La intensidad de la radiación UV vs. las horas, nos indican el periodo de medición in situ desde las 9:00 a.m. hasta las 5:00 p.m. donde se evidencia un aumento significativo de la intensidad de radiación registrada en el punto con valores mínimos de 0.1 hasta un valor máximo de 12.9.

En la Figura 3, se presenta la escala del índice de radiación ultravioleta y su relación con los colores según la EPA y OMS. El color verde es la escala baja y corresponde a los valores entre 1 y 2. El color amarrillo corresponde a moderado, entre 3 a 5. El color naranja es alto, valores 6 y 7. El color rojo, muy alto concierne a los valores entre 8 y 10. Por último, el color violeta extremo, se relaciona con valores muy altos de 11 a más (EPA, 2024).

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

e-ISSN 2308-7862
Bluefields Indian & Caribbean University (BICU)
https://doi.org/10.5377/wani.v1i82.20620
Revista del Caribe Nicaragüense
http://revistas.bicu.edu.ni/index.php/wani
Núm. 82 | enero - junio, 2025 | e20620
wani@bicu.edu.ni

Figura 3

Índice UV según la OMS con los colores respectivos a la intensidad

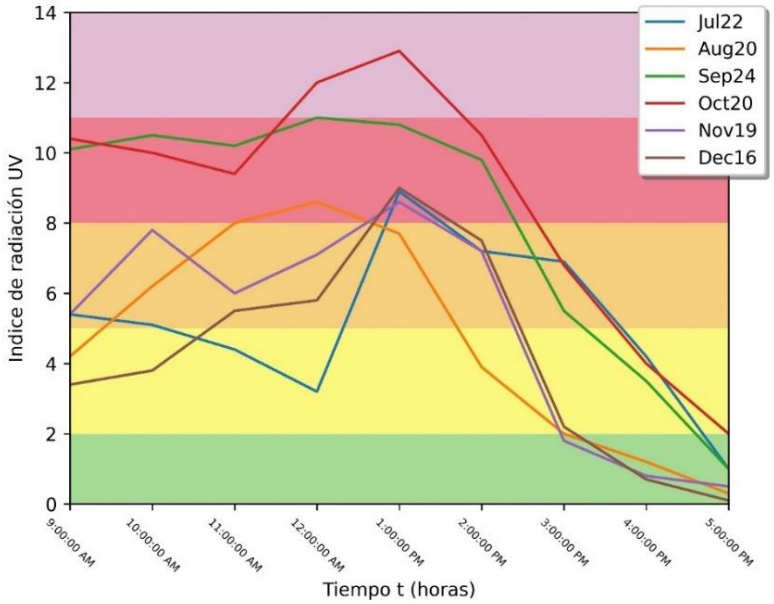


Tabla 3

Comparación de datos medidos de Altura del sol, Horas de medición e Intensidad de UV

Hora	Altura Sol (º)	Intensidad UV	Altura Sol (º)	Intensidad UV	Altura Sol (º)	Intensidad UV	Altura Sol (º)	Intensidad UV	Altura Sol (º)	Intensidad UV	Altura Sol (º)	Intensidad UV
	Rivas / Fecha											
	22-Jul		20-Ago		24-Sept		20-Oct		19-Nov		16-Dic	
09:00	48.3	5.4	49.2	4.2	50.6	10.1	65.2	10.4	42.4	5.4	38.0	3.4
10:00	62.2	5.1	63.9	6.2	64.1	10.5	56.2	10.0	52.6	7.8	49.8	3.8.
11:00	75.6	4.4	78.5	8.0	75.7	10.3	58.4	9.5	58.5	6.0	54.1	5.5
12:00	81.8	3.3	86.6	8.6	76.5	11.0	76.1	12.0	58.3	7.1	55.1	5.8
13:00	71.5	8.9	72.1	7.7	65.6	10.8	77.1	12.9	51.6	8.6	50.2	9.0
14:00	56.1	7.3	57.4	4.0	51.7	9.8	64.1	10.5	38.6	7.3	41.2	7.5
15:00	43.3	6.6	42.8	2.1	37.6	5.5	60.1	6.8	29.5	1.8	29.5	2.3
16:00	30.2	3.5	28.2	1.3	23.2	3.5	19.1	4.0	19.9	0.8	20.8	0.7
17:00	22.5	0.6	14.1	0.3	8.5	1.0	5.2	2.0	10.2	0.5	9.7	0.1

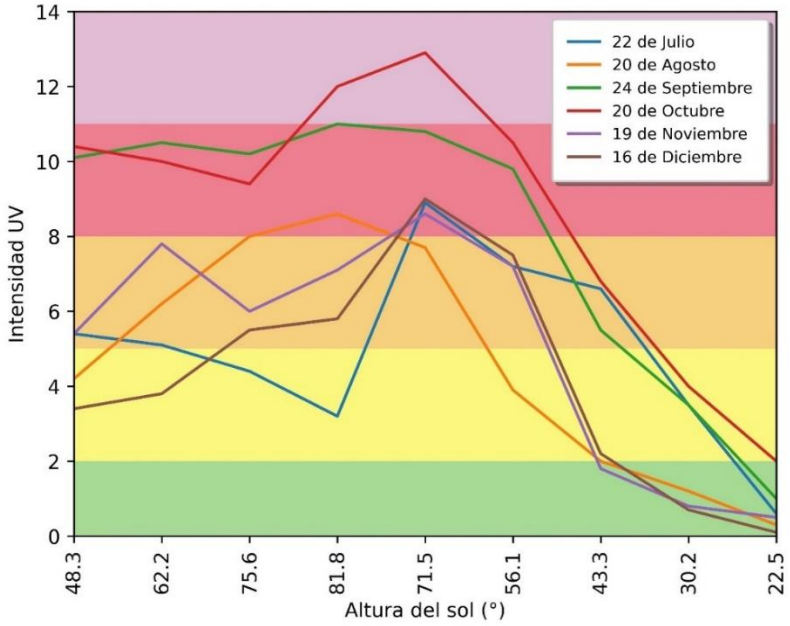
En la Tabla 3, se presentan los datos de la hora, la altura del Sol y la intensidad de la radiación UV medidos in situ en la bahía de San Juan del Sur. La columna 1 representa la hora, las columnas 2, 4, 6, 8, 10 y 12 corresponde a la altura y fecha de medición; en las columnas 3, 5, 7, 9, 11 y 13 corresponden las intensidades de radiación UV obtenidos.

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

e-ISSN 2308-7862
Bluefields Indian & Caribbean University (BICU)
https://doi.org/10.5377/wani.v1i82.20620
Revista del Caribe Nicaragüense
http://revistas.bicu.edu.ni/index.php/wani
Núm. 82 | enero - junio, 2025 | e20620
wani@bicu.edu.ni

Figura 4

Relación del índice UV, altura del Sol y la hora



Para el análisis de la Figura 4, se ha separado en dos grupos. El primer grupo corresponde a las fechas 22 de julio en color azul, 20 de agosto en color naranja, 19 de noviembre en color morado y 16 de diciembre en color marrón. Se puede notar que en julio, noviembre y diciembre presentan picos máximos de radiación UV de 9 alrededor de la 1 p.m., mientras que en agosto su pico máximo se alcanzó al medio día. También es importante mencionar que estos meses corresponden a la época de mayor nubosidad en el país.

En cuanto a las fechas 25 de septiembre y 20 de octubre, obtuvimos los valores de mayor intensidad de UV entre 10 y 13. Aunque, según el Instituto Nicaragüense de Estudios Territoriales (INETER), en los regímenes históricos reportados por el área de meteorología, septiembre es un mes lluvioso y mayormente nublado, y octubre es el mes de mayor precipitación y máximas nubosidades. Sin embargo, en estos meses predominaron muy poca lluvia y nubosidad debido a la influencia del fenómeno climático La Niña, el cual afectó las condiciones meteorológicas en el país durante esos meses de modo que no correspondieron con sus datos históricos (INETER ,2025).

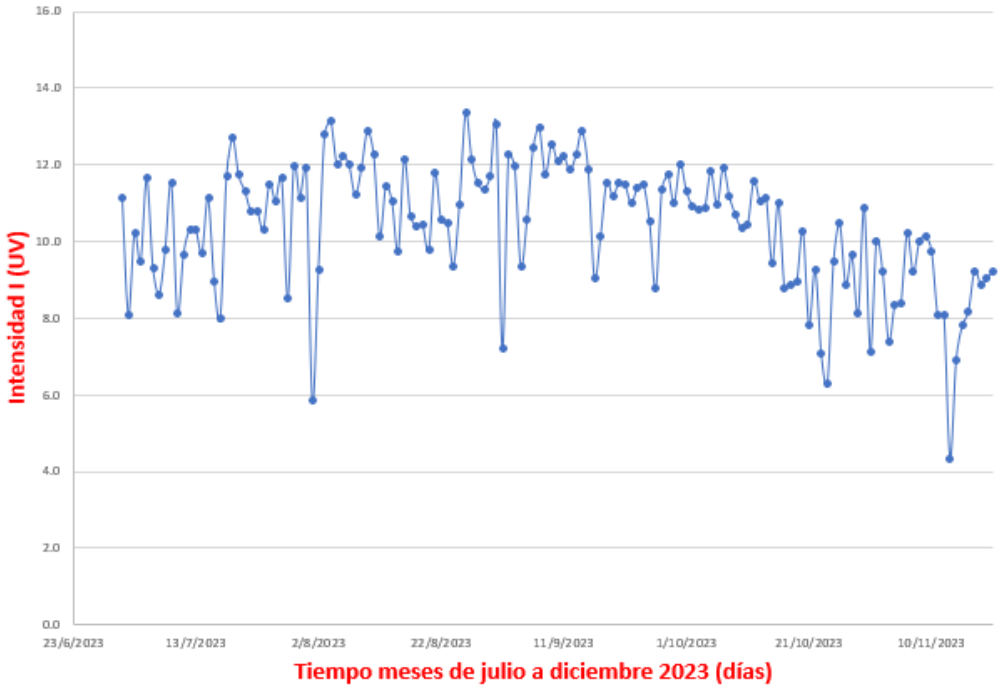
En la Figura 5, se presentan los datos de radiación UV obtenidos con la plataforma Giovanni de la NASA https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/, el cual usa el instrumento de medición de ozono (OMI), por sus siglas en inglés.

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

e-ISSN 2308-7862
Bluefields Indian & Caribbean University (BICU)
https://doi.org/10.5377/wani.v1i82.20620
Revista del Caribe Nicaragüense
http://revistas.bicu.edu.ni/index.php/wani
Núm. 82 | enero - junio, 2025 | e20620
wani@bicu.edu.ni

Figura 5

Promedios diarios de Índices de radiación UV obtenidos con la plataforma Giovanni de la NASA



En la figura 5, se presentan los datos de los promedios diarios de intensidad máxima de UV para los meses de julio a diciembre. Estos datos de la plataforma Giovanni nos sirven de referencia en gran parte con los datos recolectados de este estudio que fueron medidos in situ. Es importante mencionar que esta plataforma satelital realiza la observación desde el espacio por encima de las nubes e integrando toda un área de aproximadamente 200 km^2.

Adicionalmente, se puede observar en este gráfico la tendencia de los datos a aumentar para los meses de julio a septiembre con índice UV de 10 en promedio, lo que concuerda con el periodo canicular. Posteriormente, los índices de UV disminuyen en diciembre a valores promedio de 8 como máxima intensidad.

En los resultados obtenidos se evidencia una tendencia estacional en la intensidad UV con valores más elevados en verano, específicamente septiembre y octubre, y más bajos en invierno (julio y agosto). Esta variación estacional se atribuye a la inclinación del eje terrestre, la cual incide en la cantidad de luz solar que alcanza diferentes latitudes en distintas épocas del año.

La intensidad de los RUV también experimenta variaciones a lo largo del día, alcanzando valores máximos alrededor del mediodía y valores mínimos al amanecer y al atardecer. Esta variación diaria se debe a la posición del sol en el cielo, que determina la distancia atmosférica que la radiación UV debe atravesar para llegar a la superficie terrestre.

Los valores máximos de intensidad UV en la Figura 1, oscilan en los 12 (UV); se sitúan dentro del rango considerado como "extremadamente alto" según la OMS (WHO, 2002), la Organización

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

e-ISSN 2308-7862
Bluefields Indian & Caribbean University (BICU)
https://doi.org/10.5377/wani.v1i82.20620
http://revistas.bicu.edu.ni/index.php/wani
wani@bicu.edu.ni

Meteorológica Mundial (OMM, 2025) y la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación No Ionizante (ICNIRP, 2020).

Estos valores representan un riesgo elevado de quemaduras solares como daños cutáneos y catarata, por lo cual se aconseja tomar medidas de protección adicionales durante los días con índice UV alto. Por otro lado, los valores promedio, alrededor de 8 UV, caen dentro del rango catalogado como "alto", implicando un riesgo de quemaduras solares, especialmente para individuos con piel sensible. Por consiguiente, se recomienda la adopción de medidas de protección solar durante los días con índices UV altos.

De igual forma los datos de UV obtenidos con la plataforma Giovanni corresponden con los datos obtenidos en este estudio, específicamente con los índices máximos registrados. En la parte central de la Figura 5 correspondiente a septiembre y octubre, se representan estos picos máximos. La ventaja de esta plataforma satelital es que diariamente toma datos por encima de las nubes. Esto evita interferencias por la nubosidad al contrario de los datos recopilados por este estudio. Por otro lado, las mediciones presentan índice UV entre 8 y 13 como máximo, según la fecha de nuestras mediciones (parte central del gráfico).

Asimismo, se encontró una relación proporcional entre la radiación UV con valores de intensidad mayores entre 10 y 12 y la altura del Sol en los cenit correspondientes a las 11 a.m. y las 2:00 p.m. Cabe destacar que el estudio coincidió con los patrones estacionales de verano entre los meses de julio a septiembre, caracterizados por recibir la mayor radiación, siendo diciembre, en la estación de invierno, cuando la exposición es más significativa.

CONCLUSIONES

Los resultados del estudio arrojan que la radiación UV de mayor intensidad se presenta a las 1:00 p.m., con un índice máximo de 12.9. Algunos valores caen a esta hora por la nubosidad de la temporada lluviosa en Nicaragua. Al mismo tiempo, los meses de mayor índice UV fueron septiembre y octubre; esto es anormal porque en este año persistió la influencia del fenómeno climático La Niña, ocasionando que octubre, históricamente el mes más nublado y lluvioso, presentara días despejados. En contraste, el mes de septiembre presentó las mañanas de mayor promedio de índice de UV con un valor de 10.3 con respecto a los meses medidos.

De igual modo, se logró comprobar que la intensidad de radiación UV se presentó al medio día y en la primera hora de la tarde cuando el Sol se encuentra en su punto más alto en el cielo. Las fechas en la que el Sol pasa por nuestro cenit corresponde al mes de agosto. Sin embargo, no se registró valores debido a que este mes presento la mayor nubosidad del año.

También se observó que los valores de radiación UV disminuyen en los meses de noviembre y diciembre. Esto debido a que el Sol se posiciona en su punto extremo sur en el cielo con una altura que no llega a los 60°; esto se debe al solsticio de inverno, punto que marca la estación de inverno.

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

e-ISSN 2308-7862
Bluefields Indian & Caribbean University (BICU)
https://doi.org/10.5377/wani.v1i82.20620
http://revistas.bicu.edu.ni/index.php/wani
wani@bicu.edu.ni

Por otro lado, septiembre presentó las mañanas de mayor índice de UV debido al equinoccio de otoño, el cual marca el cambio de estaciones de verano a otoño para el hemisferio norte.

Además, el estudio permitió identificar áreas con alta exposición a la radiación UVB en distintos puntos de la bahía de San Juan del Sur, con valores máximos de hasta 12.9 entre las 11:30 a.m. y 1:30 p.m. No obstante, no se logró establecer una relación directa con la incidencia local de enfermedades dermatológicas como quemaduras solares, cataratas o cáncer de piel. Esta limitación responde a la falta de registros epidemiológicos recientes en la zona que permitieran correlacionar los niveles de exposición con diagnósticos clínicos. También cabe considerar que la aparición de estas afecciones depende de factores externos como el uso de protección solar, la educación sobre exposición al sol y la predisposición genética.

Por lo antes descrito, aunque los resultados alertan sobre un potencial riesgo de sobreexposición, especialmente en zonas de poca cobertura vegetal y alta reflectancia superficial (como arena clara o concreto), no se puede inferir automáticamente una alta incidencia de enfermedades asociadas sin una base epidemiológica. Por ende, se recomienda complementar estos hallazgos con estudios clínicos que permitan construir una visión más integral del riesgo en la región.

Para concluir, este estudio propone realizar campañas de concientización a los visitantes en balnearios o destinos turísticos para proteger y promover la salud dermatológica, además de reducir los tiempos de exposición a la radiación solar cuando se presenten intensidades muy altas debido a que puede generar problemas dermatológicos como quemaduras solares y estos, a su vez, desarrollar cáncer de piel y/o catarata. Finalmente, se recomienda entrenar y capacitar a los prestadores de servicio turísticos sobre la sobreexposición solar y sus consecuencias.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran no tener conflicto de intereses.

REFERENCIAS

Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA). (30 de diciembre de 2024). *Escala del índice UV*. https://espanol.epa.gov/espanol/escala-del-indice-uv

Agencia Estatal de Meteorología (AEMET) (s.f.). *Interpretación: Radiación Solar, Índice Ultravioleta y Capa de Ozono*. https://www.aemet.es/en/eltiempo/observacion/radiacion/radiacion/ayuda

American Cancer Society. (11 de diciembre 2023). *Skin cancer prevention and early detection*. https://www.cancer.org/cancer/skin-cancer/prevention-and-early-detection.html

Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación.* McGRAW-HILL

International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) (2020). Guidelines for Limiting Exposure to Electromagnetic Fields (100 kHz to 300 GHz). *Health physics*, *118*(5), 483–524. https://doi.org/10.1097/HP.0000000000001210

INETER. (2025, 28 de abril). *Dirección General de Meteorología*. https://www.ineter.gob.ni/met

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.

e-ISSN 2308-7862
Bluefields Indian & Caribbean University (BICU)
https://doi.org/10.5377/wani.v1i82.20620
http://revistas.bicu.edu.ni/index.php/wani
wani@bicu.edu.ni

International Agency for Research on Cancer (IARC). (2012). *Radiation: Volume 100D A review of human carcinogens*. https://publications.iarc.who.int/_publications/media/download/5241/91f6c0b6753e34e03b07f869e0bfa22e18e459a6.pdf

Organización Meteorológica Mundial (OMM). (marzo 2025). *Boletín El Niño/La Niña*. https://wmo.int/publication-series/el-ninola-nina-update-february-2025

Pathak, M.A., Jimbow, K., Szabo, G. & Fitzpatrick, T.B. (1976). Sunlight and Melanin Pigmentation. In: Smith, K.C. (eds). *Photochemical and Photobiological Reviews*. Springer. https://doi.org/10.1007/978-1-4684-2574-1_5

World Health Organization (WHO) (21 de junio del 2022). *Ultraviolet radiation* [Hoja informativa]. Organización Mundial de la Salud. https://www.who.int/health-topics/ultraviolet-radiation

World Health Organization (WHO) (2002). *Informe sobre la salud en el mundo: 2002. Reducir los riesgos y promover una vida sana*. Repositorio de la Organización Mundial de la Salud. https://iris.who.int/handle/10665/67455

Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.