



Ciencia Latina
Internacional

Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar, Ciudad de México, México.
ISSN 2707-2207 / ISSN 2707-2215 (en línea), julio-agosto 2024,
Volumen 8, Número 4.

https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4

EFECTOS BIOLÓGICOS DE LAS RADIACIONES ELECTROMAGNÉTICAS: ÍNDICE UV Y AFECCIONES CUTÁNEAS EN EL CANTÓN QUITO

**BIOLOGICAL EFFECTS OF ELECTROMAGNETIC RADIATION:
UV INDEX AND SKIN CONDITIONS IN THE QUITO CANTON**

Miguel Alejandro Barreno Segovia

Instituto Superior Tecnológico San Gabriel - Ecuador

Verónica Alexandra Salazar Carrera

Instituto Superior Tecnológico San Gabriel - Ecuador

Gabriela Nataly Salazar Carrera

Instituto Superior Tecnológico San Gabriel - Ecuador

DOI: https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12933

Efectos biológicos de las radiaciones electromagnéticas: Índice UV y afecciones cutáneas en el cantón Quito

Miguel Alejandro Barreno Segovia¹

miguel_barreno@sangabrielriobamba.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0005-2501-442X>

Instituto Superior Tecnológico San Gabriel
Ecuador

Verónica Alexandra Salazar Carrera

veronica_salazar@sangabrielriobamba.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0004-8677-4863>

Instituto Superior Tecnológico San Gabriel
Ecuador

Gabriela Nataly Salazar Carrera

gabriela_salazar@sangabrielriobamba.edu.ec
<https://orcid.org/0009-0003-0333-2406>

Instituto Superior Tecnológico San Gabriel
Ecuador

RESUMEN

La radiación solar tiene efectos significativos sobre la piel, especialmente en zonas de gran altitud, muestra de ello son: eritemas, envejecimiento y, en casos graves, cáncer de piel. Los índices UV afectan directamente la piel, particularmente durante horas de alta radiación. La radiación solar incluye componentes directos, difusos y reflejados, medidos por equipos meteorológicos como heliógrafos y piranómetros. En Quito, Ecuador, la estación meteorológica M5029 “El Carmen” proporcionó datos de radiación solar desde 2010 hasta 2022. Basándose en estos datos, se calculó la energía mínima necesaria para causar eritema cutáneo, considerando diferentes fototipos según el trabajo de Mabel Gerbaudo. Encuestas realizadas en un radio de 10 km alrededor de la estación meteorológica indicaron que un 73% de la población sufre de envejecimiento cutáneo y afecciones debido a la exposición solar excesiva, mientras que un 27% presenta eritemas y cáncer de piel. La investigación determinó que, debido a la altitud y la energía solar, es necesario proteger la piel con bloqueador solar de FPS 60 o superior.

Palabras clave: índices uv, radiación solar, afecciones cutáneas, eritema, cáncer a la piel

¹ Autor principal

Correspondencia: miguel_barreno@sangabrielriobamba.edu.ec

Biological effects of electromagnetic radiation: UV index and skin conditions in the Quito canton

ABSTRACT

Solar radiation has significant effects on the skin, especially in high-altitude areas, including erythema, aging, and, in severe cases, skin cancer. UV indices directly affect the skin, particularly during high radiation hours. Solar radiation includes direct, diffuse, and reflected components, measured by meteorological equipment such as heliographs and pyranometers. In Quito, Ecuador, the meteorological station M5029 "El Carmen" provided solar radiation data from 2010 to 2022. Based on these data, the minimum energy required to cause erythema was calculated, considering different skin phototypes according to the work of Mabel Gerbaudo. Surveys conducted within a 10 km radius around the meteorological station indicated that 73% of the population suffers from skin aging and conditions due to excessive solar exposure, while 27% present erythema and skin cancer. The research determined that, due to the altitude and solar energy, it is necessary to protect the skin with sunscreen of SPF 60 or higher.

Keywords: uv indices, solar radiation, skin conditions, erythema, skin cancer

*Artículo recibido 01 julio 2024
Aceptado para publicación: 10 agosto 2024*



INTRODUCCIÓN

La energía solar, o radiación solar, es un conjunto de radiaciones electromagnéticas que se originan en el sol y abarcan una amplia gama que va desde el infrarrojo hasta el ultravioleta (Vera, 2022). Esta energía proviene del proceso de fusión nuclear que ocurre en el sol y es esencial para el funcionamiento de nuestro medio ambiente, siendo su cantidad en la superficie terrestre aproximadamente 10,000 veces mayor que la energía consumida por la humanidad (Rodríguez Mucias, 2009).

La radiación solar se mide con distintos propósitos, siendo fundamental para la planificación y diseño de proyectos de aplicación solar (Olarte et al, 2019). Los piranómetros y las células fotovoltaicas son dispositivos utilizados para medir la radiación solar directa, difusa, y reflejada. La radiación directa proviene directamente del sol sin cambio alguno en su dirección y produce sombras definidas (Revueltas, 2014). Por otro lado, la radiación difusa se genera por reflexiones y absorciones en la atmósfera y otras superficies, mientras que la radiación reflejada proviene de la superficie terrestre y su cantidad depende del coeficiente de reflexión de la superficie (Soto et al, 2020).

La radiación global es la suma de la radiación directa, difusa y reflejada. En días despejados, la radiación directa es predominante, mientras que en días nublados la radiación difusa es mayor. La irradiancia solar es la energía por unidad de área de radiación solar incidente en una superficie y se expresa en vatios por metro cuadrado (Falcón & Muñoz, 2001).

La medición de la irradiancia se realiza en el plano del campo fotovoltaico y se utiliza en el análisis del comportamiento de los sistemas fotovoltaicos (García, J., 2016). Además, la radiación solar invisible, como la infrarroja, tiene un papel importante en el calentamiento de la Tierra y el efecto invernadero (Zaratti Sacchetti & Forno Gisbert, 2003).

La radiación ultravioleta (UV) es otra forma de radiación solar, que se divide en tres tipos: UV-A, UV-B y UV-C. La UV-B es de particular importancia biológica, pero la mayor parte de ella es absorbida por la capa de ozono (Garnacho et al, 2020). La intensidad de la radiación ultravioleta varía con la latitud, la altitud y el ángulo cenital solar. En latitudes más altas, la radiación ultravioleta es menor debido a la mayor cantidad de ozono en la atmósfera (Gonzales, 2016). El ángulo cenital solar determina cuánta energía solar golpea una superficie, siendo menor para ángulos más verticales (Zaratti Sacchetti & Forno Gisbert, 2003).



El azimut es un ángulo utilizado para determinar la orientación de algo sobre la Tierra y es importante en la colocación y orientación de paneles solares (Fernández et al., 2020). La latitud, la longitud de onda, la altitud y el ángulo cenital solar son factores clave que afectan la cantidad y la intensidad de la radiación solar incidente en la superficie terrestre, lo que tiene implicaciones importantes en diversos aspectos, incluida la eficiencia de los sistemas solares y los efectos biológicos de la radiación ultravioleta (Puerta y Morales, 2020).

La exposición a radiaciones ultravioletas, particularmente el Índice UV, está directamente relacionada con la aparición de eritema cutáneo, foto-envejecimiento y el desarrollo de lesiones neoplásicas en la piel. Es esencial comprender los efectos biológicos de estas radiaciones y su impacto en la salud cutánea, considerando variables como “el tipo de piel, horario, día y estaciones anuales”. (Gerbaudo, 2009)

En este contexto, la presente investigación busca explorar cuales son los efectos biológicos que producen las “radiaciones electromagnéticas”, centrándose especialmente en el índice de factores UV y su relación con afecciones cutáneas, dado el papel central que juega la piel en la protección del organismo y su susceptibilidad a daños causados por la radiación.

El problema de investigación surge de la creciente prevalencia de afecciones cutáneas y la necesidad de discernir el papel específico que desempeñan las radiaciones electromagnéticas, principalmente la UV (ultravioleta), en el desarrollo y la exacerbación de estas afecciones. La piel desempeña funciones vitales en la regulación de la temperatura corporal, esto permite comprender los posibles efectos negativos frente a la exposición de factores de radiación.

Literatura existente sugieren una correlación entre exponerse de manera prolongada a la radiación UV y diversas afecciones cutáneas, desde quemaduras solares hasta el desarrollo de padecimientos crónicos como carcinoma epitelial. Sin embargo, existen brechas de conocimiento, por lo que es importante profundizar el análisis de mecanismos biológicos subyacentes y las variaciones en la respuesta cutánea a diferentes niveles de exposición.

En este contexto, es preciso plantear algunos cuestionamientos que guían este trabajo de investigación, las interrogantes responden a conocer: ¿Cuáles son los efectos biológicos específicos de las radiaciones electromagnéticas en la piel humana, particularmente en relación con el índice UV? ¿Cómo varía la

respuesta cutánea a diferentes niveles de exposición? ¿Existen factores individuales que modulen la susceptibilidad de la piel a estos efectos?

La presente investigación busca abordar estas preguntas, contribuyendo así al conocimiento actual sobre los efectos biológicos cuestionados, así como la prevención y protección. Bajo este criterio, la hipótesis que orienta este trabajo de investigación indica que: “la aparición de eritema cutáneo se vincula estrechamente con el tiempo de exposición a las radiaciones ultravioletas, el tipo de piel, el horario del día y las estaciones anuales”. Se postula que este fenómeno favorece el desarrollo del fotoenvejecimiento y de lesiones neoplásicas en el tiempo.

Los objetivos del presente estudio han sido: a. Cuantificar la variabilidad estacional en la intensidad de radiación ultravioleta (UV); b. Investigar los efectos eritémicos en las áreas más susceptibles del rostro y cuello causados por la exposición solar al mediodía, y c. Proponer recomendaciones específicas para la actualización y mejora de las normativas de protección frente a las radiaciones no ionizantes UV.

METODOLOGÍA

Para llevar a cabo este estudio, se seleccionó una metodología mixta que combina elementos cualitativos y cuantitativos. La recolección de datos se centra en información proveniente de Fondo para la protección del agua (FONAG) para el período comprendido entre 2010 hasta el 2022.

La población objetivo está compuesta de 300 personas del cantón Quito. El instrumento seleccionado para levantar información consiste de una encuesta con 10 preguntas aplicadas mediante la plataforma Google Forms.

El instrumento para levantamiento de información fue aplicado a hombres y mujeres de entre 18 a 50 años a fin de asegurar la veracidad de las respuestas otorgadas. El área geográfica de muestreo está limitada a 10 Km alrededor de la estación meteorológica de referencia.

Las preguntas de la encuesta fueron cortas concisas y contenían preguntas cerradas, para con esto poder responder a los aspectos de la investigación, la selección de la plataforma fue Google Forms debido a su fácil elaboración, su sistema gratuito y amigable, la distribución de la encuesta fue a través de la difusión del enlace enviado por Whatsapp para así llegar a la población objetivo, no se tuvieron medidas algunas de exclusión de ningún tipo.



Se pretende indagar información relacionada con la frecuencia y niveles solares percibidos por los habitantes, así como datos relacionados con enfermedades cutáneas causadas por la radiación solar.

Para analizar los datos recopilados, se empleará el método de análisis y conversión de heliofanía a radiación solar global como describe Gerbaudo (2009), para datos que no tengan unidades de energía radiante global. Los datos que nos entrega el FONAG, de la mayoría de los años viene dado en función de la radiación global cumpliendo unidades de W/m^2 . Se consideró que del total de la radiación solar solamente el 5% contiene el espectro de la radiación UV, por lo que tomando este concepto se realizó el respectivo porcentaje, adicional a esto sabemos que para la piel humana existen 6 fototipos que califican la claridad de la piel siendo el fototipo 1 piel clara y el fototipo 6 la piel más oscura; para cada fototipo existe un factor de exposición, (Diffey, 2004) que produce MED, que corresponde a:

Fototipo I

Características: Piel muy clara, siempre se quema, nunca se broncea.

MED Aproximado: 200 J/m²

Fototipo II

Características: Piel clara, generalmente se quema, se broncea mínimamente.

MED Aproximado: 250 J/m²

Fototipo III

Características: Piel clara a media, a veces se quema, se broncea gradualmente.

MED Aproximado: 300 J/m²

Fototipo IV

Características: Piel moderadamente pigmentada, rara vez se quema, se broncea bien.

MED Aproximado: 450 J/m²

Fototipo V

Características: Piel morena, muy raramente se quema, se broncea profundamente.

MED Aproximado: 600 J/m²

Fototipo VI

Características: Piel oscura, nunca se quema, profundamente pigmentada.

MED Aproximado: 1000 J/m² seguido de la derivación a radiación ultravioleta.



Una vez que tenemos en cuenta estos factores se aplicó la fórmula general para cálculo del tiempo de exposición de MED, que es:

$$TMED = \frac{fact\ Fototipo}{Rad.\ directa}$$

Donde:

fact Fototipo= Factor de exposición del fototipo de piel

Rad. directa= Es el 5% de la radiación Global que corresponde al espectro electromagnético de la radiación UV

Tmed por el dato de la radiación directa tiene como unidad W/m^2 por lo que para que cumpla con el criterio que debe estar en J/m^2 , debe multiplicarse por el tiempo mínimo necesario para producir eritema o cáncer, cada fototipo posee un rango de tiempos (World Health Organization, 2002), que son:

FOTOTIPO DE PIEL	TIEMPO DIARIO DE EXPOSICIÓN (MINUTOS)	EFFECTOS POTENCIALES
Fototipo I	5-10	Alto riesgo de eritema y cáncer
Fototipo II	10-15	Alto riesgo de eritema y cáncer
Fototipo III	15-20	Moderado riesgo de eritema y cáncer
Fototipo IV	20-30	Moderado riesgo de eritema y cáncer
Fototipo V	30-40	Bajo riesgo de eritema y cáncer
Fototipo VI	40-60	Bajo riesgo de eritema y cáncer

El tiempo que se multiplica debe calcularse en segundos para que tenga congruencia de unidades y posteriormente cuando nuevamente se realizó la transformación del número completo a minutos para que sea un número fácil de procesar en la base de datos. Este análisis permitirá entender la relación entre la heliofanía percibida por los habitantes de Quito y los niveles reales de radiación solar global y ultravioleta en la ciudad.

Equipos para la medición radiación solar

Piranómetro

El piranómetro es un instrumento meteorológico automático diseñado para medir con alta precisión la radiación solar incidente sobre la superficie terrestre. Funciona absorbiendo la radiación solar mediante un sensor llamado termopila, que convierte el calor en una señal eléctrica proporcional a la radiación. Esta señal eléctrica se registra y se utiliza para calcular la densidad del flujo de radiación solar. El

piranómetro está compuesto por una cúpula de cristal que limita la respuesta al rango de longitudes de onda solares específicas y protege la termopila de la convección. Además, existen variantes especializadas de piranómetros, como los radiómetros UV, que están diseñados para medir la radiación ultravioleta en rangos específicos de longitud de onda.

Heliógrafo Campbell

El heliógrafo Campbell es un dispositivo utilizado para medir la insolación o la cantidad de horas que ha lucido el Sol en un lugar determinado durante un día. Consiste en una bola de vidrio macizo que actúa como una lente, concentrando los rayos solares en un foco próximo a ella. A medida que el Sol se mueve en el cielo, este foco recorre una banda o cartulina fijada en un marco metálico paralelo al vidrio, dejando una marca oscura según la intensidad de los rayos solares. El heliógrafo requiere ajustes precisos según la ubicación geográfica para proporcionar mediciones exactas de la insolación.

Ubicación del área de estudio

Los datos para el presente estudio fueron extraídos de la estación meteorológica M5029 El Carmen, cuyas coordenadas Geográficas UTM (DATUM WGS 84), Latitud 9944491, Longitud 796826, Altitud m.s.n.m 4100, que se encuentra en la Provincia Pichincha, Cantón Quito y Parroquia Pintag.

La ubicación geográfica de Quito en el centro del Ecuador la convierte en un área de interés para estudiar la radiación UV-B en esta región específica del país. Además, su proximidad a la capital y su importancia como centro urbano regional la hacen relevante para entender cómo afecta la radiación UV-B a la población en un entorno urbano en particular.

RESULTADOS

Una vez aplicadas las encuestas a la población mencionada se ha obtenido la información que a continuación se presenta:

Pregunta 1

1. ¿Usted ha experimentado quemaduras solares en su piel en alguna ocasión?

Tabla 1

Opción de Respuesta	Encuestados	F1
Sí, varias veces	192	64 %
Sí, ocasionalmente	98	33 %
No, nunca	10	3 %
Total	300	100%

Grafico 1



Pregunta 2

2. ¿Cuántas horas al día pasa al aire libre durante un día soleado?

Tabla 2

Opción de Respuesta	Encuestados	F1
Menos de 1 minuto	167	56%
Entre 1 y 2 minutos	84	28%
2 minutos a más	49	16%
Total	300	100%

Gráfico 2



Pregunta 3

3. ¿Cómo describiría su tono de piel?

Tabla 3

Opción de Respuesta	Encuestados	F1
Piel muy clara	23	8%
Piel clara	112	37%
Piel oscura a morena	165	55%
Total	300	100%

Gráfico 3



Pregunta 4

4. ¿Alguna vez ha notado cambios en su piel debido a la exposición al sol?

Tabla 4

Opción de Respuesta	Encuestados	%
Sí, arrugas prematuras	85	28 %
Sí, manchas solares	158	53 %
No, no he notado cambios	57	19 %
Total	300	100%

Gráfico 4



Pregunta 5

5. ¿Cuál cree que es el tipo de radiación que más afecta diariamente?

Tabla 5

Opción de Respuesta	Encuestados	%
Exposición directa del sol	220	73%
Uso del computador / celular	70	23%
Radiación reflejada en superficies	10	4%
Total	300	100%

Gráfico 5



Pregunta 6

6. ¿Qué efectos cree que puede tener la radiación ultravioleta en su salud?

Tabla 6

Opción de Respuesta	Encuestados	%
Enrojecimiento de la piel	112	37%
Quemaduras solares	126	42%
No sabe	62	21%
Total	300	100%

Gráfico 6



Pregunta 7

7. ¿Qué parte del cuerpo cree que está más expuesta a la radiación ultravioleta?

Tabla 7

Opción de Respuesta	Encuestados	%
Rostro	220	73%
Brazos y piernas	62	21%
Espalda	18	6%
Total	300	100%

Gráfico 7



Pregunta 8

8. ¿Qué hace para protegerse del sol durante largos períodos al aire libre?

Tabla 8

Opción de Respuesta	Encuestados	%
Usar sombrero y gafas de sol	165	55%
Buscar sombra frecuentemente	38	13%
Uso de protector solar	97	33%
Total	300	100%

Gráfico 8



Pregunta 9

9. ¿Con qué frecuencia aplica protector solar cuando sale al aire libre en un día soleado?

Tabla 9

Opción de Respuesta	Encuestados	%
Siempre	98	33%
A veces	139	46%
Nunca	63	31%
Total	300	100%

Gráfico 9



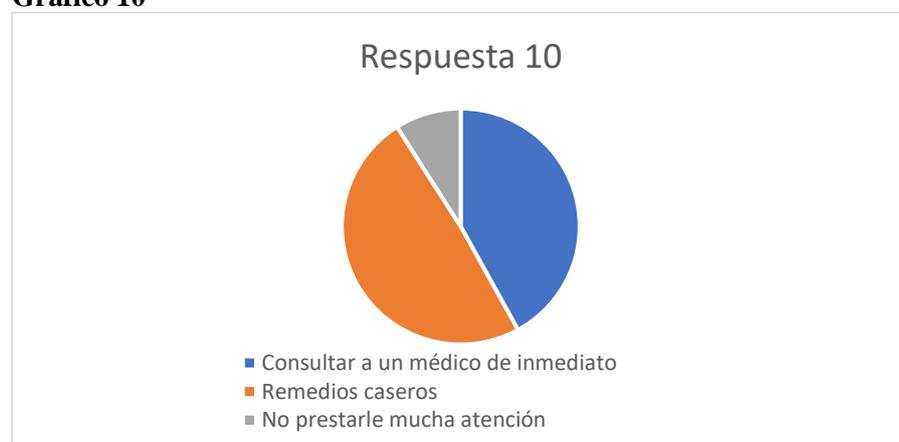
Pregunta 10

10. ¿Qué harías si notara un lunar o mancha en su piel la misma que ha cambiado de tamaño o forma?

Tabla 10

Opción de Respuesta	Encuestados	%
Consultar a un médico de inmediato	125	42%
Remedios caseros	147	49%
No prestarle mucha atención	28	9%
Total	300	100%

Gráfico 10



DISCUSIÓN

Los resultados de la encuesta revelan una serie de percepciones y comportamientos en relación con la exposición al sol y la salud cutánea. La mayoría de los encuestados han experimentado quemaduras solares en alguna ocasión, siendo más frecuentes entre aquellos que pasan más tiempo al aire libre. La piel clara es la más común entre los encuestados, correspondiente al fototipo II y III y la exposición al sol ha provocado diversos cambios cutáneos, como arrugas prematuras y manchas solares. La exposición directa al sol se percibe como la forma más común de radiación ultravioleta, y el rostro es la parte del cuerpo más expuesta.

Los hallazgos de esta encuesta son consistentes con el estudio de Gerbaudo (2009) quien demostró que la exposición al sol sin protección puede causar quemaduras solares, arrugas prematuras y aumentar el riesgo de cáncer de piel. La preferencia por proteger el rostro y la falta de protección adecuada en otras partes del cuerpo también han sido observadas en estudios anteriores sobre comportamientos

relacionados con la exposición al sol. Sin embargo, la falta de conciencia sobre los cambios en la piel y la frecuencia subóptima de la aplicación de protector solar son áreas en las que se pueden destacar diferencias significativas con estudios previos.

Los resultados de esta encuesta subrayan la importancia de la conciencia y la protección adecuada contra la exposición al sol para mantener una piel saludable. Además, la falta de protección adecuada y la falta de reconocimiento de cambios en la piel pueden retrasar la detección temprana de problemas cutáneos potencialmente graves. Por lo tanto, es crucial educar a la población sobre los riesgos de la exposición al sol y promover prácticas saludables de protección solar y autoexamen de la piel.

CONCLUSIONES

La presente investigación ha proporcionado una comprensión detallada de los efectos biológicos de las radiaciones electromagnéticas, especialmente del índice UV, sobre la piel humana en la ciudad de Quito, Ecuador, durante el período de 1993 a 2023. A partir del análisis de los datos recopilados, se han obtenido las siguientes conclusiones:

Aunque la mayoría de los encuestados toman medidas para protegerse del sol, como usar sombrero y gafas de sol o aplicar protector solar, aún hay una proporción significativa que no lo hace con la frecuencia adecuada.

Como menciona la OMS (2002), para cuidar la piel de la radiación directa es necesario usar filtros solares con una periodicidad de 3 horas con FPS, mayor a 50, para proteger de la radiación directa y reflejada.

La exposición prolongada a la radiación ultravioleta (UV) está estrechamente relacionada con la aparición de afecciones cutáneas, incluyendo el eritema, el foto-envejecimiento y el desarrollo de lesiones neoplásicas. Este hallazgo subraya la necesidad de profundizar en el conocimiento de estos efectos debido a la importancia de la piel como barrera protectora frente a las radiaciones y su alta susceptibilidad a los daños.

Se ha identificado una notable variabilidad estacional en la intensidad de la radiación UV, con picos máximos que representan períodos de mayor riesgo para la salud cutánea. La priorización del valor máximo mensual de radiación solar y UV ha permitido una representación precisa de la exposición durante diferentes épocas del año.



La investigación ha cuantificado la relación entre la radiación UV y los efectos eritémicos en la piel, especialmente en áreas altamente expuestas como el rostro y el cuello. Este análisis ha sido fundamental para identificar los momentos del día y las estaciones del año con mayor riesgo de daño cutáneo.

La transformación de los niveles de radiación UV de W/m^2 a J/m^2 y la posterior relación con los índices UV y la irradiancia UV total ha permitido establecer una correlación clara con la dosis mínima eritémica. Este enfoque metodológico ha facilitado la comprensión de los niveles de exposición y su impacto en la salud cutánea.

Los resultados indican que la mayoría de la población muestra fototipos de piel 2 y 3. Este grupo demográfico es especialmente vulnerable a los problemas cutáneos debido a la alta energía UV a la que están expuestos. Este hallazgo destaca la necesidad de estrategias de protección solar personalizadas para estos fototipos de piel.

En base a los resultados obtenidos, se recomienda implementar medidas de protección solar más rigurosas, incluyendo el uso de protectores solares, ropa adecuada y campañas de concienciación sobre los riesgos de la exposición prolongada al sol, especialmente durante los períodos de mayor intensidad UV.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Diffey, B. (2004). Climate change, ozone depletion and the impact on ultraviolet exposure of human skin. Reino Unido: *Physics in Medicine and Biology*.
- Falcón, N., Chavira, E. Muñoz, A. & Muñoz, R. (2001). Elipsometría y microscopía electrónica de barrido de las cenizas del volcán Popocatepetl. *Revista mexicana de física*, 47(6), 553-557.
- Fernández de Souza, B., de Castro Coêlho, M., & Paulo de Oliveira, N. F. (2020). UV Radiation and Its Relation to DNA Methylation in Epidermal Cells. *Epigenomes*, 4(4), Article 4. <https://doi.org/10.3390/epigenomes4040023>
- García, S. (2016) "Influencia del riego y radiación solar sobre el contenido de fitoquímicos en la piel de frutos de aguacate 'Hass'." *Revista mexicana de ciencias agrícolas* 7.SPE13: 2565-2575.
- Garnacho Saucedo, G. M., Salido Vallejo, R., & Moreno Giménez, J. C. (2020). Efectos de la radiación solar y actualización en fotoprotección. *Anales de Pediatría*, 92(6), 377.e1-377.e9. <https://doi.org/10.1016/j.anpedi.2020.04.014>



- Gerbaudo, M. (2009). *Efectos biológicos de las radiaciones electromagnéticas: Índice UV sobre la piel*. Córdoba: Universidad Nacional de Córdoba Facultad de ciencias médicas.
- Gonzalez, G. E. (2016). Radiaciones ultravioletas como factor de riesgo vinculado a la génesis del pterigión en trabajadores expuestos. *Revista Cubana de Enfermería*, 32(4).
- Martínez. R., Marcelo (2016) Radiación solar-conceptos y aplicaciones [en línea]. Arica: Informativo INIA Ururi. no. 109. Disponible en:
<https://hdl.handle.net/20.500.14001/4702>
- Olarte Saucedo, M., Sánchez Rodríguez, S. H., Aréchiga Flores, C. F., Bañuelos Valenzuela, R., & López Luna, M. A. (2019). Efecto de la radiación ultravioleta (UV) en animales domésticos. Revisión. *Revista Mexicana de Ciencias Pecuarias*, 10(2), 416-432.
<https://doi.org/10.22319/rmcp.v10i2.4648>
- Puerta, J. A., & Morales, J. (2020). Efectos biológicos de las radiaciones ionizantes. *Revista Colombiana de Cardiología*, 27, 61-71. <https://doi.org/10.1016/j.rccar.2020.01.005>
- Revueltas Agüero, M., Avila Roque, I., Baqués Merino, R., & Beltrán Reguera, R. C. (2014). Los campos electromagnéticos de frecuencia extremadamente baja y su impacto sobre la salud de los seres humanos. *Revista Cubana de Higiene y Epidemiología*, 52(2), 210-227.
- Rodríguez Murcia, H. (2009). Desarrollo de la energía solar en Colombia y sus perspectivas. *Revista de Ingeniería*, (28), 83-89. Retrieved July 30, 2024, from
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-49932008000200012&Ing=en&tIng=es
- Soto Sumuano, J. L., Abundis Gutiérrez, E., Tlacuilo-Parra, J. A., Garibaldi Covarrubias, R. F., & Romo Rubio, H. (2020). RADIACIÓN ELECTROMAGNÉTICA, LEUCEMIA INFANTIL Y REGULACIÓN. *Revista internacional de contaminación ambiental*, 36(2), 229-240.
<https://doi.org/10.20937/rica.53488>
- Vera, L. (2022). Actualización en foto-protección. *Cuadernos Hospital de Clínicas*, 63(1), 64-75
- World Health Organization, World Meteorological Organization, United Nations Environment Programme, United Nations Environment Programme, International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. (2002). *Global solar UV index*. <https://n9.cl/ixkz1>



Zaratti Sacchetti, F. & Forno Gisbert, R. (2003) La radiación ultravioleta en Bolivia. Editor OPS.

https://scholar.google.com/citations?view_op=view_citation&hl=es&user=jk4iqdkAAAAJ&citation_for_view=jk4iqdkAAAAJ:u-x6o8ySG0sC

