

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE VIGILANCIA DE LA EXPOSICIÓN
A FACTORES DE RIESGO ASOCIADOS A LA RADIACIÓN
ULTRAVIOLETA DE ORIGEN SOLAR EN LA POBLACIÓN DEL
EJÉRCITO NACIONAL DE COLOMBIA Y SUS EFECTOS EN
SALUD**

AUTORES:

Ávila - Benítez Stephani

Carbono - Pinedo Rocío Patricia

Leal - Penagos Jonathan Mauricio

Padilla - Agredo Julio Cesar

**UNIVERSIDAD EL BOSQUE
FACULTAD DE MEDICINA
ESPECIALIZACIÓN DE SALUD OCUPACIONAL
BOGOTÁ, D.C.
JUNIO 2020**

**DISEÑO DE UN SISTEMA DE VIGILANCIA DE LA EXPOSICIÓN A
FACTORES DE RIESGO ASOCIADOS A LA RADIACIÓN
ULTRAVIOLETA DE ORIGEN SOLAR EN LA POBLACIÓN DEL
EJÉRCITO NACIONAL DE COLOMBIA Y SUS EFECTOS EN
SALUD**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: EXPOSICIÓN OCUPACIONAL Y EFECTOS EN
LA SALUD**

AUTORES:

**Ávila - Benítez Stephani
Carbono - Pinedo Rocío Patricia
Leal - Penagos Jonathan Mauricio
Padilla - Agredo Julio Cesar**

Trabajo de grado para optar el título de Especialista en Salud Ocupacional

**DIRECTOR DE PROGRAMA: Alexandra Yepes Boada
ASESOR TEMÁTICO: Dr. Luis Fernando Cantor Molano
ASESOR METODOLÓGICO: Ing. Lidy Yadira Cetina Castillo**

**UNIVERSIDAD EL BOSQUE
FACULTAD DE MEDICINA
ESPECIALIZACIÓN DE SALUD OCUPACIONAL
BOGOTÁ, D.C.
JUNIO 2020**

Nota de aceptación:

Firma del director de investigaciones

Firma de director de división de postgrados

Firma del director del programa

Firma del jurado

Bogotá, D.C. _____ de 2020



Responsabilidad Institucional

“La Universidad El Bosque, no se hace responsable de los conceptos emitidos por los investigadores en su trabajo, solo velará por el rigor científico, metodológico y ético del mismo en aras de la búsqueda de la verdad y la justicia”

Agradecimientos

Agradecemos a los asesores de trabajo de grado que de forma generosa han compartido su conocimiento con nosotros los autores de la misma, permitiendo que mejoremos nuestra competencia laboral, ayudando de esta manera a plantear mejores soluciones en pro de la calidad de vida de la sociedad.

Gracias a la Universidad el Bosque que nos dio el conocimiento para poder lograr y culminar esta etapa de aprendizaje para nuestras carreras profesionales, además de permitirnos desarrollarnos como personas, adquiriendo de manera constante nuevos conocimientos.

A todas las personas que de una u otra forma intervinieron en este trabajo de tesis y que han sido clave para la construcción del conocimiento y la demostración de las teorías que aquí se pretenden exponer.

Dedicatoria

A Dios.

Porque todo lo que somos y todo lo que lleguemos a ser, todo es por él, y para él, y bendita sea su gracia que nos lo permitió.

A nuestra familia,

Porque nos han permitido realizar nuestros sueños, apoyándonos, sacrificando su bienestar con el único propósito de dejar como herencia el conocimiento y que son un ejemplo de vida y de amor.

A nuestros profesores y demás colaboradores en nuestra trayectoria profesional.

Quienes son los encargados de brindarnos nuevos conocimientos, y dedican su tiempo y profesión para que obtengamos resultados positivos y culminemos con éxitos nuestra especialización y podamos aportar a la sociedad nuestros saberes.

TABLA DE CONTENIDO

1. Introducción	1
2. Marco teórico	4
2.1. <i>Vigilancia de la salud</i>	4
2.1.1. <i>Vigilancia de la exposición</i>	4
2.2. <i>Exposición</i>	5
2.3. <i>Factores de riesgos</i>	5
2.3.1. <i>Factores de riesgo ocupacional</i>	5
2.4. <i>La radiación solar</i>	5
2.4.1. <i>La radiación ultravioleta</i>	6
2.4.2. <i>Tipos de radiación ultravioleta</i>	7
2.4.3. <i>Radiación UV-C</i>	7
2.4.4. <i>Radiación UV-B</i>	8
2.4.5. <i>Radiación UV-A</i>	8
2.4.6. <i>Factores que influyen en la radiación ultravioleta</i>	9
2.4.7. <i>La epidermis</i>	16
2.4.8. <i>La dermis</i>	18
2.4.9. <i>Hipodermis</i>	19
2.4.10. <i>Anexos</i>	19
2.5. <i>Fototipo cutáneo</i>	20
2.6. <i>Fotobiología</i>	21
2.7. <i>Efectos en la salud por la exposición a radiación ultravioleta de origen solar</i>	25

2.7.1.	<i>Efectos Agudos</i>	26
2.7.2.	<i>Efectos Crónicos</i>	29
2.8.	<i>Controles en la fuente</i>	30
2.9.	<i>Estado del arte</i>	33
2.10.	<i>Antecedentes de investigación</i>	37
3.	Problema	38
3.1.	<i>Descripción del problema</i>	38
4.	Justificación	44
4.1.	<i>Pregunta de investigación</i>	55
5.	Objetivos	56
5.1.	<i>Objetivo general</i>	56
5.2.	<i>Objetivo (s) específicos</i>	56
6.	Propósito	57
7.	Aspectos metodológicos	58
7.1.	<i>Tipo de estudio</i>	58
7.2.	<i>Variables</i>	58
7.3.	<i>Consideraciones éticas para el trabajo</i>	60
7.4.	<i>Organigrama</i>	61
7.5.	<i>Cronograma</i>	62
7.6.	<i>Presupuesto</i>	64
8.	Resultados	66
8.1.	<i>Factores de riesgo asociados con la exposición RUV solar</i>	66
8.2.	<i>Exposición a radiación UV de origen solar de la población militar</i>	71
8.3.	<i>Evaluación de la condición de salud de la población expuesta</i>	81

8.4. Sistema de recolección y análisis de información	85
8.5. Recomendaciones para el control a la exposición a la radiación UV de origen solar	89
9. Discusión	96
10. Conclusiones	101
11. Recomendaciones	105
12. Bibliografía	108

Lista de imágenes

Imagen 1. Índice UV solar mundial	15
Imagen 2. Síntesis de melanina.....	17
Imagen 3. Barrera melánica frente a la radiación solar.....	18
Imagen 4. Fisiopatología de la exposición a la radiación ultravioleta de origen solar en la piel y los efectos en salud.....	26
Imagen 5. Gráfico MED con relación al fototipo.....	28
Imagen 6. Mapa de exposición a radiación UV derivada del sol en la población del Ejército Nacional de Colombia.....	81
Imagen 7. <i>Diagrama de flujo</i>	94

Lista de tablas

Tabla 1. Algunas mediciones de albedo en superficies.....	12
Tabla 2. Fototipos de piel.....	20
Tabla 3. Radiación no ionizante y penetración en tejidos superficiales.....	22
Tabla 4. Clasificación de Glogua- foto envejecimiento	29
Tabla 5. Población aproximada del Ejército Nacional de Colombia	41
Tabla 6. Matriz de operaciones de variables	58
Tabla 7. Entregables y productos de acuerdo con los objetivos propuestos	58
Tabla 8. Cronograma de actividades tesis	62
Tabla 10. Presupuesto de la tesis	64
Tabla 11. Resumen del presupuesto planeado vs ejecutado.....	65
Tabla 12. Población militar por departamento	72
Tabla 13. Categoría de exposición y recomendaciones para protección.....	73
Tabla 14. Promedios mensuales de la radiación global acumulada diaria en las principales ciudades del país	74
Tabla 15. Porcentaje de Población del Ejército Nacional expuesta a radiación UV de origen solar	75
Tabla 16. Calificación nivel de riesgo de exposición radiación UV de origen solar	77
Tabla 17. Medidas de intervención por nivel de riesgo	78
Tabla 18. Esquema resumen del procedimiento de realización del mapa.....	80
Tabla 20. Indicadores de estructura del sistema de vigilancia epidemiológica.....	86
Tabla 21. Indicadores de proceso del sistema de vigilancia epidemiológica.....	88
Tabla 22. Indicadores de proceso del sistema de vigilancia epidemiológica	89

Lista de anexos

Anexo a. Matriz factores de riesgo Asociado con la Exposición a RUV

Anexo b. Historia clínica Ocupacional

Anexo c. Protocolo Historia clínica

Anexo d. Matriz SIG

Anexo e. Protocolo Matriz SIG

Anexo f. Indicadores de Gestión

Anexo g. Instructivo Construcción Mapa Interactivo

Anexo h. Mapa interactivo

Anexo i. Registro de información de Historia clínica

Anexo j. Matriz de recomendaciones para el control de la exposición a RV proveniente del sol

Anexo k. Antecedentes de investigación

Anexo l. Acta de calificación y aprobación de trabajo de grado.

Resumen

Durante las últimas décadas se ha visto un aumento en la incidencia de aparición de lesiones a nivel de la piel en la población mundial incluyendo a Colombia dentro de los países que ha percibido un aumento notorio de estas lesiones ya sea dentro del ámbito ocupacional o extralaboral. Dentro de las poblaciones en riesgo de aparición de lesiones en piel están aquellas pertenecientes a las fuerzas militares, quienes por la naturaleza propia de su ocupación en el mantenimiento de la seguridad nacional y el orden constitucional a lo largo del territorio nacional se exponen a la radiación ultravioleta del sol por largas jornadas, lo cual sumado a la falta de información y concientización sobre los efectos nocivos producidos por los rayos solares y el uso pertinente de los medios de protección solar, se convierten en un nicho ideal de evaluación de los factores de riesgo y seguimiento de las afecciones ocasionadas por este importante agente físico.

Se describe en el presente documento el diseño de un sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociados a la radiación ultravioleta de origen solar en la población del Ejército Nacional de Colombia, que inicia con la identificación de los factores de riesgo asociados a la exposición ultravioleta y áreas geográficas en Colombia en donde se puede presentar mayor riesgo de exposición en la población estudio. Se realiza el diseño de un protocolo de evaluación de la condición de salud de la población expuesta a radiación ultravioleta de origen solar y por último se crea un sistema de recolección y análisis de información relacionada con la exposición a radiación UV solar y los efectos en salud, específicamente en la piel, que permita generar indicadores para la toma de medidas de intervención.

PALABRAS CLAVES: Exposición, Radiación ultravioleta, Efectos Nocivos, Sistema de Vigilancia, Protocolo.

Abstract

During the last decades there has been an increase in the incidence of appearance of skin-related injuries in the world population, including Colombia within the countries that have seen a notable increase in these injuries at sea within the occupational or extra-occupational field. Among the populations at risk of skin lesions, they belong to the military forces, who due to the nature of their occupation in maintaining national security and constitutional order throughout the national territory are exposed to radiation. ultraviolet from the sun for long hours, which added to the lack of information and awareness about the harmful effects produced by solar rays and the corresponding use of sun protection means, are affected in an ideal niche for evaluating risk factors and monitoring of conditions caused by this important physical agent.

This document describes the design of a surveillance system for exposure to risk factors associated with ultraviolet radiation of solar origin in the population of the Colombian National Army, which begins with the identification of risk factors associated with the ultraviolet exposure and geographic areas in Colombia where there may be a higher risk of exposure in the study population. The design of a protocol for evaluating the health condition of the population exposed to ultraviolet radiation is carried out, and finally, a system is created to collect and analyze information related to exposure to solar UV radiation and its effects on health, specifically on the skin, that allow to generate indicators for taking intervention measures.

KEY WORDS: Exposure, Ultraviolet radiation, Harmful Effects, Surveillance System, Protocol.

1. Introducción

La seguridad y salud de los trabajadores en las organizaciones es un factor de gran importancia para la prevención de enfermedades laborales que afectan la calidad de vida de las personas y la estabilidad de las organizaciones, debido a que su gestión puede crear ambientes de trabajo favorables y seguros. Los peligros a los que están expuestos los trabajadores dependen principalmente de las actividades que desarrollan y el ambiente en el que se lleva a cabo la tarea.

Uno de los peligros a los que se encuentra expuesta la población trabajadora y que requiere ser objeto de estudio y regulación en Colombia, es la radiación no ionizante del espectro ultravioleta proveniente del sol, toda vez que genera efectos en la salud como el fotoenvejecimiento y el cáncer de piel, que desde el punto de vista de salud pública y ocupacional pueden ser prevenibles. Estudios de relevancia internacional, como los registrados por la IARC (43), el CAREX (56), el Consenso Brasileño de fotoprotección (8), le atribuyen a este factor de riesgo físico una fuerte relación en la génesis biológica de las alteraciones de la piel anteriormente mencionadas.

Las estadísticas mundiales y nacionales que son registradas por GLOBOCAN (47) y el Instituto Nacional de Cancerología respectivamente, dan muestra del pobre control que sobre este peligro se tiene, pues la incidencia del efecto cancerígeno que ocasiona en la piel va en aumento en los últimos diez años, llegando a estar dentro de los diez primeros tipos de cáncer, ubicándose en el cuarto lugar para caso de los hombres y el quinto en las mujeres.

La exposición al mencionado riesgo físico ocurre en las actividades que se desarrollan al interior del Ejército Nacional, puesto que los militares desarrollan actividades al aire libre por todo el territorio nacional, razón por la cual se encuentran expuestos en mayor proporción

Diseño de un sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociados a la radiación ultravioleta de origen solar en la población del Ejército Nacional de Colombia y sus efectos en salud.

Stephani Ávila Benítez
Rocío Patricia Carbone Pinedo
Jonathan Mauricio Leal Penagos
Julio Cesar Padilla Agredo

a la radiación ultravioleta de origen solar, como consecuencia de las características y condiciones inherentes del desempeño ocupacional en la profesión militar y la organización del trabajo de esta institución castrense.

A través de un sistema de vigilancia a la exposición a factores de riesgo asociados a la radiación ultravioleta de origen solar en la población del Ejército Nacional de Colombia y sus efectos en salud, es posible llegar a la identificación de los niveles de riesgo a los que están expuestos los trabajadores, evaluando diferentes variables, tales como: tiempo de exposición, fototipo de piel, protección solar utilizada, uso de químicos foto sensibilizantes, entre otros; permitiendo identificar la cantidad de personal expuesto a estos niveles de riesgo y así poder establecer mecanismos de monitoreo y control en esta población y los efectos en la salud que le sobrevengan, con el fin prevenir enfermedades laborales en la piel asociadas a la radiación UV de origen solar.

Colombia cuenta con pocos estudios relacionados con la caracterización de factores de riesgos asociados a la radiación ultravioleta de origen solar y la aparición de lesiones a nivel de la piel en población ocupacionalmente expuesta y específicamente en personal militar.

Se describe en el presente trabajo la identificación de esos factores de riesgo, donde se logró identificar las circunstancias de la exposición, la intensidad de la exposición según el proceso de trabajo de la población objeto, detalle de los elementos que se deben conocer de la radiación ultravioleta y los efectos en la salud que puede ocasionar, de los factores de riesgo provenientes del ambiente y el individuo, incluyendo la configuración del traje que utiliza el personal del Ejército Nacional de acuerdo con la actividad desarrollada y la zona geográfica donde se encuentre ubicado.

Igualmente se identifica la proporción de personal militar expuesto a radiación ultravioleta de origen solar de acuerdo con la categoría de exposición de la OMS, donde se reflejó que el 100% de la población del Ejército Nacional se encuentra expuesta a niveles alto, muy alto y extremadamente alto, según el índice UV solar; identificando igualmente cuales son las áreas geográficas en Colombia donde se puede presentar mayor riesgo de exposición a la radiación ultravioleta de origen solar en la población del Ejército Nacional de Colombia. Lo anterior, permitió la creación de un mapa interactivo para la visualización y espacialización de la información del personal militar.

Se describe igualmente en el presente documento la construcción de una herramienta de recolección de información del trabajador a través de un examen médico ocupacional con énfasis en radiación UV de origen solar, que permite conocer información puntual del trabajador y, por lo tanto, determinar el nivel del riesgo al que se encuentra expuesto, analizando las variables anteriormente mencionadas. Una vez determinado el nivel de riesgo, se presentan las medidas de intervención a implementar, así como las recomendaciones para el control de la exposición a radiación UV de origen solar, con el fin de prevenir enfermedades laborales en la piel asociadas a dicho factor.

2. Marco teórico

Para la realización de un diseño de sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociados a la Radiación Ultravioleta de origen solar y sus efectos en salud en la población ocupacionalmente expuesta, es necesario dar a conocer ciertos conceptos básicos para el conocimiento.

2.1. *Vigilancia de la salud*

“La vigilancia de la salud es uno de los instrumentos que utiliza la Medicina del trabajo para controlar y hacer el seguimiento de la repercusión de las condiciones de trabajo sobre la salud de la población trabajadora. Como tal es una técnica complementaria de las correspondientes a las disciplinas de Seguridad, Higiene y Ergonomía / Psicosociología, actuando, a diferencia de las anteriores y salvo excepciones, cuando ya se han producido alteraciones en el organismo. La vigilancia de la salud no tiene pues sentido como instrumento aislado de prevención: ha de integrarse en el plan de prevención global de la empresa”.(1)

2.1.1. *Vigilancia de la exposición*

“La vigilancia ocupacional a la exposición a las radiaciones ionizantes, es un instrumento para facilitar la operativización del proceso de vigilancia y tiene por objeto proporcionar unidad de criterio para que todas las instituciones y actores que deben participar de dicho proceso puedan realizar el estudio básico del factor de riesgo bajo los mismos parámetros, de tal manera que la información que se construya en todo el país se pueda recopilar y sea comparable para su análisis”.(2)

2.2. Exposición

Se habla de exposición cuando lo que se pone en contacto con la persona lo daña, cualquiera sea la magnitud del daño, esto es, cualesquiera sean las consecuencias del contacto.(3)

2.3. Factores de riesgos

“La existencia de elementos, fenómenos, condiciones, circunstancias y acciones humanas, que encierran una capacidad potencial de producir lesiones o daños y cuya probabilidad de ocurrencia depende de la eliminación o control del elemento agresivo”. (4)

2.3.1. Factores de riesgo ocupacional

“Los factores de riesgo ocupacional son todas aquellas condiciones del ambiente, instrumentos, materiales, la tarea o la organización del trabajo que potencialmente pueden afectar la salud de los trabajadores o generar un efecto negativo en la empresa”. (5)

2.4. La radiación solar

La radiación solar se define como el conjunto de radiaciones electromagnéticas que en forma de energía emite el sol como consecuencia de las reacciones de fusión nuclear del hidrógeno en su núcleo; esta se propaga en todas las direcciones a través del espacio en forma de ondas electromagnéticas y determina la dinámica de procesos atmosféricos, del clima y biológicos – fisiológicos tales como la estimulación de la síntesis de vitamina D, la síntesis de los neurotransmisores cerebrales responsables del estado anímico, la circulación sanguínea y el tratamiento de algunas dermatosis. (6)

La radiación solar se distribuye en gran parte del espectro electromagnético, sin embargo más del 99% de la misma de acuerdo con la Comisión Internacional de la Iluminación (CIE, del francés Comisión Francesa Internacional de l’Eclairage) se concentra entre los 100 a 4000

nm y la denomina *radiación óptica*, la que a su vez está comprendida por *la radiación infrarroja (50%), la luz visible(45%) y la radiación ultravioleta (5%)*; solo una fracción, menos del 1% de la radiación solar, no consiste en radiación óptica y, por lo tanto, agrega otras bandas como microondas, rayos X o rayos gamma. (7,8)

“La radiación ultravioleta (UVR), caracterizada por radiaciones de longitud de onda entre 100 y 400 nm., representan aproximadamente el 10% de la radiación solar total que alcanza la parte superior de la atmósfera, pero sufre una intensa atenuación hasta que alcanza la superficie. La UVR es responsable de una serie de reacciones fotoquímicas y fotobiológicas importantes”.(8)

“La radiación visible, compuesta de longitudes de onda entre 400 y 780 nm, representa el 40% de la radiación que emana del sol y se define como cualquier radiación capaz de causar una sensación visual. En comparación con otras longitudes de onda, la radiación visible sufre menos atenuación cuando atraviesa la atmósfera de la Tierra”.(8)

“La radiación infrarroja, una banda ancha con longitudes de onda superiores a 780 nm, representa el 50% restante de la radiación solar. La radiación infrarroja es fuertemente absorbida por el vapor de agua y el gas de carbono presente en cantidades significativas en la atmósfera, por lo que está íntimamente relacionado con los cambios climáticos en el planeta”.(8)

2.4.1. *La radiación ultravioleta*

La radiación ultravioleta, uno de los componentes de la radiación solar y que actualmente está clasificada como cancerígena para los humanos (Grupo 1) por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer, fue descubierta a comienzo del siglo XIX por el físico y filósofo Johannes Wilhelm Ritter. Este tipo de radiación es una forma de energía radiante

invisible que cubre el rango de longitudes de onda entre los 100 y los 400 nanómetros y es clasificada en tres categorías: UV-C, UV-B y UV-A de acuerdo con la longitud de onda, debido a los diferentes efectos fotobiológicos de estas bandas espectrales. (11)

Hay muchas fuentes de UVR, las cuales pueden clasificarse como fuentes incandescentes (por ejemplo, el sol, lámparas incandescentes), fuentes de descarga eléctrica o gaseosa (por ejemplo, lámparas fluorescentes, arcos de soldadura) y los láseres; de todas estas la fuente principal de UVR y de exposición humana en la tierra es el sol. (9,10)

La luz solar atraviesa la atmósfera, sin embargo, el ozono, el vapor de agua, el oxígeno y el dióxido de carbono que están presentes en ésta absorben toda la radiación UVC, aproximadamente el 90% de la radiación UVB, y en menor medida la radiación UVA. En consecuencia, la radiación UV que finalmente alcanza la superficie terrestre se compone en su mayor parte de rayos UVA y una pequeña parte de rayos UVB.(11)

De la radiación solar ultravioleta que llega a nuestro planeta, el 95% es radiación de tipo A (UVA) y el resto B (UVB). Solo el 5% de la radiación UV de origen solar que incide en la piel es difusamente reflejada, el resto se transmite, se dispersa o se absorbe en ella.(12)

2.4.2. Tipos de radiación ultravioleta

De acuerdo con el Comité 41 de la CIE de 1930 (CIE, del francés Comisión Francesa Internacional de l'Eclairage) o Comisión Internacional de iluminación y la Organización Internacional para la Normalización (ISO, 2007), la radiación ultravioleta se clasifica en tres clases: UV-C, UV-B y UV-A.

2.4.3. Radiación UV-C

La radiación UV-C es aquella que se encuentra en el rango de longitud de onda de 100 a 280 nm.; es la forma más dañina de toda la gama de rayos ultravioleta porque es muy

energética, con gran poder destructivo, por lo que se usa con fines artificiales en procesos de esterilización; esta radiación es absorbida por el oxígeno y el ozono en la estratosfera y nunca llega a la superficie terrestre. (6,7)

2.4.4. Radiación UV-B

La radiación UVB representa el 5%, es aquella que se encuentra en el rango de longitud de onda de 280 a 315 nm.; es parcialmente absorbida por el ozono y llega a la superficie de la tierra; penetran en la capa superior de la piel. Posee alta energía y es potencialmente dañina; la exposición humana prolongada puede producir quemadura de tipo eritema solar, cáncer de piel, cataratas, pterigion, alteración de la eficiencia del sistema inmune, y disminución en la eficacia de las vacunas al dañar las células de Langerhans responsables de la presentación de antígenos en la epidermis. Se le atribuye las reacciones fotoalérgicas en la piel (quemadura solar). Produce efecto carcinogénico y estimula la pigmentación. (6,7)

2.4.5. Radiación UV-A

La radiación UV-A, representa el 95%, es aquella que se encuentra en el rango de longitud de onda de 315 a 400 nm.; el extremo superior del rango corresponde al límite con la luz visible; es la forma menos dañina de la radiación ultravioleta, es la que llega a la Tierra en mayores cantidades y es responsable del bronceado de la piel, sin embargo, presenta un menor peligro al ser menos energética. (6)

Los rayos UV-A penetran en las capas profundas de la piel, el tejido conectivo y son la causa fundamental de la inmunosupresión, el envejecimiento prematuro de la piel y su oscurecimiento (13). También son capaces de producir radicales libres los cuales dañan las células de las dos primeras capas de la piel, así como el de causar reacciones tanto fototóxicas como fotoalérgicas (por ejemplo, fotodermatitis poliforme).

La radiación UV-A tiene tal potencial que es capaz de dañar pinturas y plásticos que se encuentren a la intemperie. (6)

2.4.6. Factores que influyen en la radiación ultravioleta.

Los niveles de radiación UV que alcanzan la superficie terrestre vienen condicionados básicamente por el ángulo cenital solar (a su vez condicionado por la hora del día, posición geográfica y época del año), el ozono, la nubosidad, la altitud sobre el nivel del mar, los aerosoles, el albedo o reflectividad del suelo, y los contaminantes gaseosos.

a) El ozono

El ozono, el principal absorbedor de radiación ultravioleta, se produce mayoritariamente en la estratosfera terrestre de la región ecuatorial del planeta. El ozono se encuentra en mayores cantidades hacia los polos y en menores cantidades en la región intertropical. La capa de ozono está ubicada a una altura entre 15 y 30 km y es responsable de la absorción intensiva de la radiación UVB y parte de la extinción de la radiación UVC.(7,8)

b) La altitud

Los rayos UV atraviesan menos atmósfera para alcanzar las costas más altas, por ende, tienen menos posibilidades de ser absorbidos por los aerosoles atmosféricos como el ozono. Es por esto que se considera que, a mayor altitud, la atmósfera es más delgada, y su capacidad de absorber la radiación ultravioleta (UV) disminuye. Como resultado de ello, las poblaciones situadas en altitudes más elevadas por lo general están expuestas a mayores niveles de radiación UV.(13) En términos general por cada 1.000 metros de incremento de altura, la intensidad de la radiación UV aumenta entre un 10% y un 12 %.(11) En Estados Unidos, los rayos UV se reducen entre un 3,5 % y un 4 % por cada 300 m que se bajan.(13)

c) El ángulo solar

El ángulo solar o elevación solar, es el ángulo entre el horizonte y la dirección del sol y es el factor más determinante de la intensidad de los rayos UV ambientales(14). La intensidad de la luz del sol alcanza su máximo cuando el sol llega a su cenit, porque la luz perpendicular se proyecta en una superficie más pequeña que la luz oblicua, de modo que la energía lumínica por unidad de área está más concentrada cuando el tamaño del punto es más pequeño. Cuando el sol está más alto en el cielo, la radiación UV es más intensa debido a que la luz solar recorre menos distancia a través de la atmósfera para llegar a la superficie, pasando por lo tanto por una menor cantidad de absorbentes, de manera que está menos difusa y atenuada. (13,14)La radiación solar, al depender fuertemente de la elevación solar, varía con la latitud, estación y hora, siendo mayor en los trópicos, en verano, y al mediodía.

d) La hora del día

El sol está en su punto más alto en el cielo alrededor del mediodía. A esa hora, la distancia que recorren los rayos solares dentro de la atmósfera es más corta y los niveles de UVB son los más altos. Temprano en la mañana y al final de la tarde, los rayos solares atraviesan la atmósfera de forma oblicua, lo cual reduce en gran medida la intensidad de los rayos UVB. Los niveles de radiación UVA no dependen del ozono y varían a lo largo del día, de la misma manera que la luz solar visible.(15)

e) La época del año

Los niveles de radiación UV varían durante el día y a lo largo del año. En zonas diferentes a los trópicos los máximos niveles se presentan en los meses de verano alrededor del mediodía. En los trópicos, los mayores niveles de radiación se presentan, generalmente a principios de año, durante el perihelio (que es cuando la Tierra está más cerca al Sol) y los más bajos a mitad del año durante el afelio (cuando la Tierra está más alejada del Sol).(6)

f) La nubosidad

La importancia de la nubosidad sobre la radiación UV en superficie está bien establecida. Tiene un efecto plano sobre la radiación UV, de modo que atenúa el espectro en la misma medida para todo el rango sin modificar ostensiblemente la estructura espectral. La cantidad de radiación UV atenuada por la nube será función del tipo de nube y de su desarrollo. Las nubes más densas y oscuras bloquearán más eficientemente la radiación UV, mientras que las nubes blancas y con menor desarrollo junto con las nieblas y calimas atenúan en menor medida la radiación UV. La presencia de nubes y el contenido de humedad de la atmósfera hacen que disminuya la radiación solar con respecto a otra que no tenga nubes y la humedad atmosférica sea baja. Sin embargo, no siempre el efecto esperado y lógico es la atenuación de la radiación ultravioleta pues una pequeña cantidad de nubes puede incluso hacer que aumente cuando hay condición de cielo parcialmente cubierto con sol visible, debido a que la radiación solar reflejada por la superficie terrestre hacia arriba es reflejada a su vez por las nubes nuevamente hacia la Tierra, por lo que así aumenta el nivel de irradiancia en la superficie. (8,14)

g) La latitud

La cantidad de radiación solar que llega a la superficie es muy dependiente de la elevación del sol. La radiación UV varía de acuerdo con la ubicación geográfica; es por eso que sobre la zona ecuatorial (como es el caso de Colombia) los rayos solares caen más directamente que en las latitudes medias y ocasionan que la radiación UV resulte ser más intensa en esa área, es decir cuanto más cerca del Ecuador, más intensa es la radiación ultravioleta.(6)

La intensidad de los rayos ultravioleta solares es más fuerte en el Ecuador, debido a que el sol pasa por la parte más alta haciendo que la distancia recorrida por los rayos ultravioleta

dentro de la atmósfera sea más corta, además, el espesor de la capa de ozono es menor en los trópicos que en las latitudes medias y altas, por lo que hay menos ozono para absorber la radiación ultravioleta mientras atraviesa la atmósfera.(15)

h) La reflexión (Albedo)

Parte de la radiación que llega a la superficie terrestre es absorbida y parte es reflejada. El porcentaje de radiación reflejada depende de las propiedades de la superficie. Elementos como la nieve reciente puede reflejar hasta un 80% de la radiación UV, la arena seca de la playa, alrededor de un 15%, y la espuma del agua del mar, alrededor de un 25% de la radiación incidente. Sin embargo. Durante la primavera y en condiciones de cielo despejado la reflexión por nieve puede elevar los valores de radiación hasta niveles de verano. Aproximadamente un 95% de la radiación UV penetra en el agua y hasta un 50% llega hasta una profundidad de 3m. (11,14)

Tabla 1. *Algunas mediciones de albedo en superficies*

Albedos	% de luz reflejada
Nieve	85,55
Nubes	78 - 50
Lagos de agua salada	69
Estaño galvanizado sin pintar	29.3
Hierro corrugado brillante	24.05
Arena de playa	14.04
Hormigón	9.26
Asfalto	5.9

***Fuente:** elaboración propia(16)

La escala de medición para el albedo es de 0 a 100, siendo 0= corresponde al color negro el cual absorbe toda la radiación ultravioleta de origen solar y 100= cuerpo blanco que refleja toda la radiación ultravioleta. Los estudios realizados por Joanna T, *et. al*, reportaron que las personas que trabajan en lugares donde hay exposición al albedo como los científicos que

trabajaron en los nevados, presentaron el doble del porcentaje de exposición a radiación ultravioleta de origen solar, comparado con los científicos que trabajaron en las tiendas de campaña, por lo que se considera que el albedo podría ser un sistema de medición para determinar cómo las superficies de nuestro planeta podrían estar asociadas a un factor de exposición a la radiación ultravioleta de origen solar.(11)

i) Aerosoles

Los aerosoles atmosféricos son partículas sólidas o líquidas, coloidales en suspensión en la atmósfera que afectan a la calidad del aire causando daños sobre la salud humana y el medio ambiente. Estos pueden llegar a la atmósfera a través de procesos naturales (aerosoles naturales) y por las actividades humanas (aerosoles antropogénicos). Se consideran aerosoles naturales el polvo mineral arrastrado por el viento, el humo de los incendios, el polen, las esporas, la sal marina y espumas del mar, materiales erosionados de las plantas y las brumas. Por otra parte, los aerosoles antropogénicos comprenden el humo emitido por las centrales termoeléctricas y por la quema de biomasa, las emisiones industriales y el smog urbano.(17)

Los principales mecanismos por los que los aerosoles influyen en el balance radiactivo terrestre son la dispersión y la absorción de la radiación solar (el llamado efecto directo); y la modificación de las nubes y las precipitaciones, afectando tanto a la radiación como a la hidrología (denominado efecto indirecto). Los aerosoles que dispersan la luz hacen aumentar el brillo del planeta, produciendo una influencia de enfriamiento, igual que los que aumentan la reflectividad de las nubes. Los aerosoles de absorción de luz, tales como el carbón elemental, ejercen una influencia de calentamiento.(17)

j) El índice ultravioleta

El índice ultravioleta (UVI, por sus siglas en inglés) fue una medida descrita y elaborada en el 2003 en conjunto por la OMS (Organización Mundial de la Salud), la WMO (Organización Meteorológica Mundial), la UNEP (el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente) y la (ICNIRP) Comisión Internacional de Protección contra la Radiación no Ionizante con el fin de difundir esta información en el ámbito laboral y extralaboral para disminuir la incidencia de exposición de este factor de riesgo en la población. Es una escala de medición sencilla de la intensidad de la radiación ultravioleta que incide en la superficie terrestre y un indicador de su capacidad de producir lesiones cutáneas (principalmente la UV-B); tiene el propósito de simplificar la información de los niveles de UVR para el público en general y servir como vehículo importante en la concientización de la población de la exposición saludable al sol pues es necesaria para diversos procesos biológicos del organismo humano y de la necesidad de adoptar medidas de protección cuando se exponen a la radiación ultravioleta (UV). Este indicador alcanza los niveles más altos alrededor del mediodía y cuanto más alto, mayor es la probabilidad de lesiones cutáneas y oculares.(18,19,8) Una laguna muy importante del Índice UV es que solamente predice el grado de peligro de los rayos UV para la piel, pues no tiene relación con el riesgo de lesión ocular de los rayos UV, debido en gran medida a la geometría de exposición del ojo.(13)

El índice UV indica la intensidad de la radiación UV-B en una escala del 1 al 11+, (encontrándose valores entre 18 a 20, generados especialmente en los trópicos, a grandes altitudes).(19)

La escala UVI se muestra a continuación.

Imagen 1. Índice UV solar mundial

CATEGORÍA DE EXPOSICIÓN	INTERVALO DE VALORES DEL IUUV
BAJA	< 2
MODERADA	3 A 5
ALTA	6 A 7
MUY ALTA	8 A 10
EXTREMADAMENTE ALTA	11+

***Fuente:** OMS(11)

La piel

Para lograr establecer cómo se producen las lesiones en la piel secundarias a la exposición a radiación ultravioleta de origen solar, el agente debe ponerse en contacto con la piel, la cual es considerada como el órgano más extenso del cuerpo humano. Esta se compone de tres capas, la epidermis, la dermis y la hipodermis, y sus anexos; lo anterior condiciona a que sea muy frecuente la exposición a las diferentes ondas de radiación provenientes del sol. En la mayoría de los casos las exposiciones a radiación ultravioleta pueden llegar a penetrar las dos primeras capas de la piel y ocasionar procesos locales como eritemas (enrojecimiento de la piel), pero en los casos de exposición a radiación ultravioleta inadecuada puede ocasionar lesiones más serias que comprometen la integridad de la piel.(20) Por otro lado, es importante establecer que existen factores propios de las diferentes poblaciones a nivel del mundo que condicionan la aparición de lesiones a nivel del tejido cutáneo, dentro de las que se pueden encontrar el color de la piel, siendo las personas de tez blanca las que pueden generar lesiones en la piel con facilidad. (9,20)En las últimas décadas se ha presentado un aumento en la exposición solar. En los diferentes trabajos realizados al aire libre en diferentes partes del mundo, como por ejemplo Canadá, Estados Unidos de Norte América, Dinamarca, Perú y Chile, se ha visto que la población con esa característica laboral se expone a luz ultravioleta

de origen solar de manera inadecuada y prueba de esto es la aparición de lesiones a nivel de la piel que van desde un eritema o enrojecimiento cutáneo, hasta la generación de diferentes procesos neoplásicos.

2.4.7. *La epidermis*

Es considerada como la cubierta más externa de la piel, esta se encuentra compuesta por dos tipos de células, las células dendríticas, dentro de las que se encuentran (las células de Langerhans y melanocitos) y los queratinocitos cuya función es la producción de queratina y función inmunológica, estos grupos celulares se encuentran distribuidos en las siguientes capas así:(21)

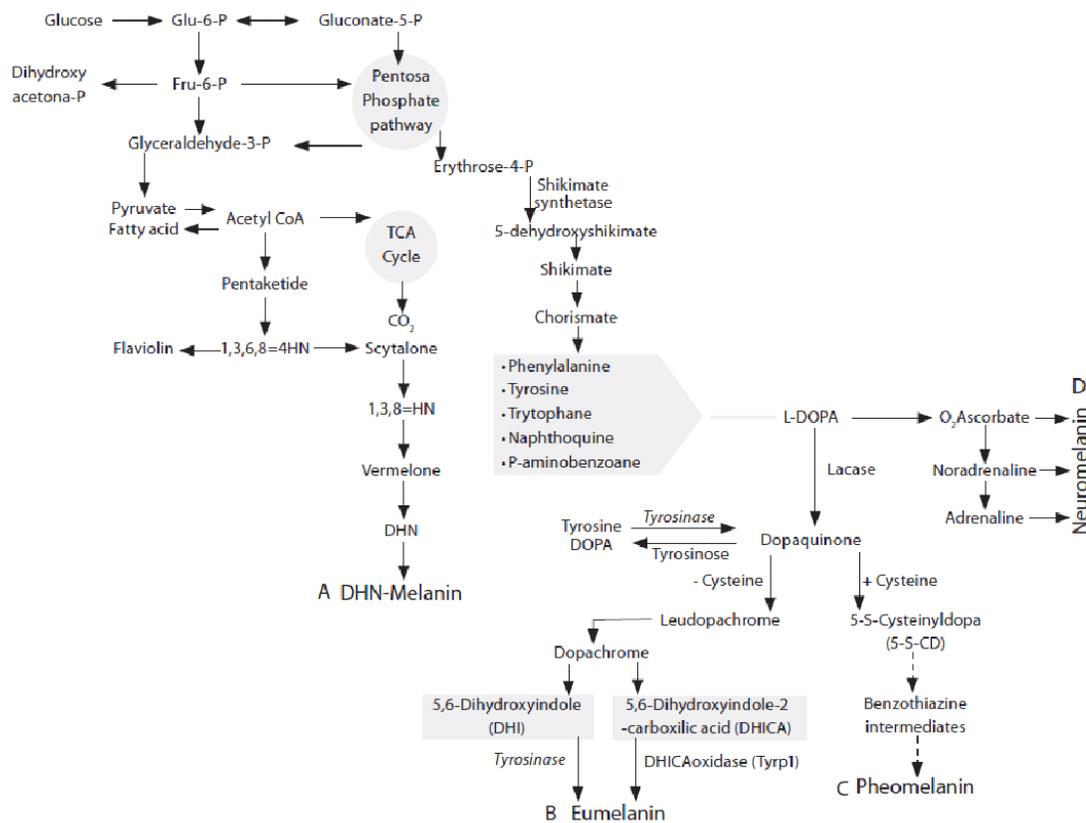
- a) *La capa córnea*: formado por células que no contiene núcleo, el espesor de esta capa varía dependiendo la parte del cuerpo donde se encuentre siendo las manos y los pies.
- b) *La capa lúcida*: al igual que la capa córnea se ubica en los lugares como las manos y la piel.
- c) *La capa granulosa*: contienen gránulos de queratohialina, y su grosor depende del estrato córneo.
- d) *La capa espinosa*: en esta capa compuesta de células poligonales se encuentran también las células de Langerhans las cuales tienen función inmunológica en la presentación de antígenos, producción de IgA.
- e) *La capa basal*: se encuentran los melanocitos, cuya función es la de producir una sustancia llamada melanina la cual da el color característico a la piel.

La melanina se encuentra compuesta por biopolímeros fenólicos o indólicos de alto peso molecular, muy estables, hidrofóbicas, insolubles en agua o solventes orgánicos. Existen cuatro clases de melaninas dependiendo de los elementos que la componen como lo son la

melaninas de color negras o café son las derivadas de la levodopa (3,4-dihidroxi-L-fenilalanina) (L-DOPA) y son llamadas eumelaninas, la de color amarillo o rojizas están compuestas de levodopa con cisteína, las piomelaninas son melaninas de color café y están compuestas del ácido homogentísico a partir de tirosinasas, finalmente la variedad de alomelanina las cuales se expresan de color negro o café se encuentra compuestas de acetatos generados por la vía poliketido sintasa.(22)

Imagen 2. Síntesis de melanina

Síntesis de melanina: vías metabólicas para la síntesis de melanina a partir de diversos precursores y generación de las melaninas DHN melanina (A), eumelanina (B) feomelanina (C) y neuromelanina (D).

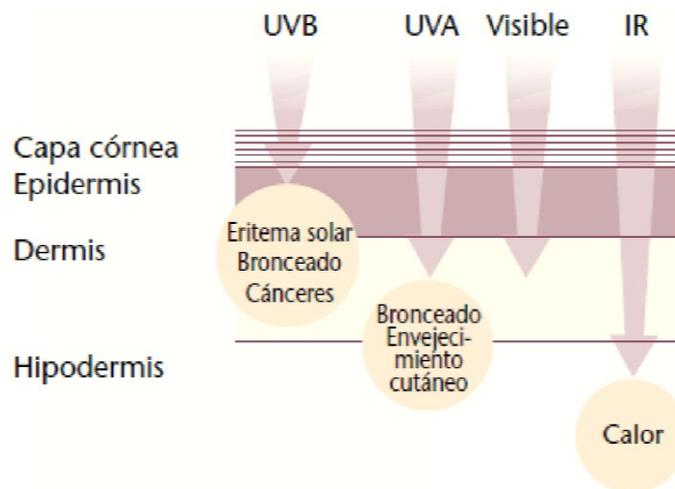


*Fuente: Asociación Colombiana de Infectología (22)

Dentro de las funciones de la melanina se encuentra:

- La generación del color de la piel y el cabello, la cual va a estar determinada por la configuración genética de cada individuo.(23)
- Protección natural contra la radiación solar dependiendo del tipo de onda solar a la que se expone la piel ya sea UVA, UVB o UVC. Dentro de los tipos de melaninas descritos anteriormente se puede establecer que la eumelanina es la que presenta mejor protección de las ondas de radiación solar por su mayor capacidad de absorción de los rayos ultravioleta producidos por el sol.(23)

Imagen 3. Barrera melánica frente a la radiación solar.



***Fuente:** Unidad de Tecnología Farmacéutica(23)

2.4.8. La dermis

Se encuentra inmediatamente inferior a la epidermis y es la encargada de darle sostén a las estructuras de origen vascular y nerviosos y brindar protección a la epidermis; esta capa se encuentra constituida por:(21)

- a) *El tejido conectivo:* este se compone de fibras colágenas, las fibras elásticas y las fibras reticulares.

b) *Sustancia fundamental:* compuesta de glicosaminoglicanos o mucopolisacáridos ácidos y células.

2.4.9. *Hipodermis*

Es también conocida como tejido celular subcutáneo o tejido adiposo, esta se encuentra constituida por células llamadas adipocitos. La función de esta capa es la de brindar aislamiento térmico y soporte nutricional.(21)

2.4.10. *Anexos*

Dentro de los anexos de la piel se pueden encontrar el complejo pilosebáceo compuesto por:(21)

- a) *El folículo piloso:* en este se identifican varias fases como la anágena (fase activa o de crecimiento del pelo), Catágena (de caída del pelo) y telógena (fase de reposo). Dentro de las funciones del pelo se encuentran la de protección frente a factores ambientales como el sol y el frío, mejora el control de la temperatura mediante la disipación del calor.
- b) *La glándula sebácea:* tiene función holocrina derivada de la secreción de triglicéridos y fosfolípidos; su función principal es la de proteger y lubricar la superficie de la piel.
- c) *El músculo pilo erector del pelo:* es una banda de músculo liso originado de la capa de la dermis cuya función es la de producir la contracción del folículo piloso.
- d) *Glándulas sudoríparas o ecrinas* cuya función es la de producir el sudor para mantener la termorregulación de la piel cuando se está expuesto a altas temperaturas.
- e) *Las glándulas apocrinas:* son glándulas odoríferas que confieren un olor característico a ciertas zonas del tegumento.

f) *Uñas*: son estructuras de queratina dura y su función principal es la de protección de los dedos a nivel distal.

Otras estructuras que hacen parte de la piel son los vasos sanguíneos los cuales llevan los nutrientes y oxígeno a la dermis que serán distribuidos a las diferentes estructuras que allí se encuentran y el sistema nervioso en el que se identifican estructuras como los corpúsculos de Meissner encargados del sentido del tacto y localizados en palmas y plantas y Corpúsculos de Vater Pacini para la sensación de presión.(21)

2.5. *Fototipo cutáneo*

Este término se define como la capacidad que tiene cada individuo para adaptarse a la exposición solar y como la piel reacciona a la exposición de este factor de riesgo ambiental. Para poder clasificar los tipos de fototipos cutáneos existentes se utiliza la escala de Fitzpatrick el cual evalúa ciertas características de la piel y determina qué tan sensible es frente a la exposición a la radiación ultravioleta de origen solar. En la escala de clasificación de se pueden determinar 6 tipos de fototipos cutáneos que se describen a continuación:(24)

Tabla 2. *Fototipos de piel*

Fototipos	Características de la piel
Fototipo I	Son personas de aspecto caucásico de tez blanca, pelirrojos de ojos verdes. La piel se quema con facilidad y no se broncea con facilidad.
Fototipo II	Este tipo de personas son de test rubios de ojos azules, los cuales se queman con facilidad la piel y se broncean poco.
Fototipo III	Son personas de tez castaño, con la piel de color mate, las cuales se queman algunas veces y se broncean siempre cuando se exponen a la radiación solar.
Fototipo IV	Son personas morenas de tez mate, los cuales no se queman nunca y se broncean siempre cuando se exponen a la radiación solar.
Fototipo V	Son personas de tez morena, tiene el pelo y el cabello de color negro, generalmente no tienden a quemarse a menos de que hagan periodos de exposición prolongada a la radiación solar, se considera que deben utilizar protector solar en estos casos.
Fototipo VI	Son personas de tez negra, tanto los ojos como el cabello, es muy improbable que se quemen, pero como las personas del fototipo V es importante que usen protector solar en los casos en los que ha exposición solar excesiva.

***Fuente:** Elaboración propia(23)

2.6. Fotobiología

Por definición, la fotobiología es la ciencia encargada de estudiar la luz, sus efectos e interacción con los seres vivos, y dentro de ella la fotodermatología, un campo de profundo estudio en la práctica médica, la cual concentra su atención en la piel y su respuesta positiva o negativa a la luz solar, específicamente a los rayos ultravioleta (radiación no ionizante).(25)

Los efectos generales de la radiación no ionizante sobre el cuerpo son complejos, dentro de los cuales podemos mencionar la síntesis de vitamina D en la piel, los cambios en los constituyentes químicos y celulares de la sangre, la acción sobre la psique, la acción fisiológica de la luz en animales, actuando a través de los ojos y de la glándula pineal y los efectos locales sobre la piel.(26)

Para la comprensión del mecanismo por el que la radiación no ionizante actúa sobre la piel es necesario conocer conceptos básicos.

La piel interactúa con la radiación solar dando protección al ser vivo de la radiación biológicamente importante. Esta función la cumple gracias a su constitución física, la cual le confiere determinadas propiedades ópticas, y a las moléculas absorbentes de energía llamados cromóforos.(26)

Las propiedades ópticas de la piel se rigen por cuatro procesos fundamentales(27):

- a) *Reflección*, principalmente difusa, se ejerce a nivel de la capa córnea y de manera variable, siendo importante para la fracción visible y la RIR, no así para la UVB.
- b) *Difusión*, se ejerce a nivel del estrato córneo y por la melanina, sobre todo de la fracción UVB.

- c) *Absorción*, que se realiza a nivel de la capa córnea que absorbe el 70% de UVB debido a los aminoácidos polares de la queratina y al ácido urocánico, de la melanina y los carotenoides que absorben la RUV y la luz; y la hemoglobina que absorbe la luz.
- d) *Transmisión*, corresponde a la fracción del haz que ha escapado a los tres procesos anteriores y que penetra en la piel. Así, de la UVB, 20% llegan al cuerpo mucoso de Malpigio y 10% a la dermis. La mayoría de la luz y UVA atraviesa la epidermis siendo en parte detenido por la melanina. La luz roja y la RIR llegan hasta la hipodermis.

Se conoce que los rayos UV que alcanzan la piel (UVA, UVB), son reflejados, una parte absorbidos y transmitidos a las capas celulares en las siguientes proporciones: 10% de la luz UVB llega a la dermis, 70% se absorbe en el estrato córneo – epidermis, un 20% en la capa basal por medio de la melanina y el ADN como cromóforos.(25)

La UVA un 70-80% es absorbida por la melanina, un 30% aproximadamente penetra en la dermis en sus capas papilar y reticular.(25)

La cantidad de luz que la piel logra absorber es clave, puesto que de este proceso dependerá la respuesta celular y tisular cutánea posterior a la exposición solar.(28)

Tabla 3. *Radiación no ionizante y penetración en tejidos superficiales*

Ondas de radiación ultravioleta de origen solar	Longitud en μm	Rango de penetración
UV-C lejana	160 – 280	0.01 – 0.1 mm aire, estrato córneo
UV-B media	280 – 320	1 -2 mm dermis
UV-A cercana	320 – 400	0.01 – 1 mm epidermis, retina

***Fuente:** Elaboración propia. (20)

Las poblaciones que más se ven afectadas por la exposición a radiación ultravioleta de origen solar son las económicamente activas y que por motivos de sus ocupaciones pueden

ejercerlos al aire libre, quienes a su vez desconocen los factores nocivos a los cuales se ven implicados por la exposición solar a nivel de la piel; dentro de los oficios con una mayor exposición a la radiación ultravioleta de origen solar tenemos: los trabajadores de la construcción, los pescadores, los agricultores, la silvicultura (guardabosques), los militares, vendedores informales, pilotos de aeronaves, los mensajeros, los guardacostas (salvavidas). (20,29,30)

La mayoría de los estudios, realizados alrededor del mundo señalan que la presencia de diferentes clases de lesiones a nivel de la piel por la exposición a la radiación ultravioleta de origen solar dependen de factores como: la longitud de onda, la capacidad de penetración de la onda en la piel, el tiempo de exposición, la altura sobre el nivel del mar, la elevación del sol (dependiendo de la hora del día), los factores climáticos que incluyen las nubes, la época del año, y la integridad de la capa de ozono.(11)

Otro de los factores a tener en cuenta y que se ha convertido en objeto de estudio por las implicaciones relacionadas con la exposición a radiación ultravioleta de origen solar es la reflectancia (la fracción de luz incidente dispersada o reflejada por un material que en la mayoría de los casos no es horizontal) y el albedo, (relacionada con el porcentaje de radiación que cualquier superficie horizontal refleja respecto a la radiación que incide sobre ella).

Dentro de las profesiones expuestas a la radiación ultravioleta de origen solar crónica se encuentra el personal de las fuerzas militares, en los cuales se han reportado casos de lesiones benignas y malignas a nivel de la piel; según el estudio realizado por K. Riemenschneider, *et. al*, (31) quienes a vez identificaron algunos factores de riesgo encontrados en diferentes estudios en los que evidencian que el personal militar que en algún momento estuvo trasladado en las zonas tropicales ubicadas en la zona ecuatorial como el medio oriente,

Afganistán e Irak, sureste de Asia y el pacífico occidental durante la segunda guerra mundial, los prisioneros de guerra en regiones tropicales, donde presentaron exposiciones a radiación ultravioleta de origen solar de forma crónica y acumulativa de forma intermitente; por otro lado también se encontró que el personal de la fuerza aérea, en los cuales se presentaron una alta incidencia en la generación de cáncer de tipo melanoma y no melanoma comparado con la población civil en los Estados Unidos de América, lo anterior se asoció a la no concientización en los cuidados y uso de métodos de protección frente a la exposición a radiación ultravioleta de origen solar.(31)

Como sostiene Sáenz (24) y Riemenschneider (31) se logró establecer que la mayoría del personal militar tiene conocimientos básicos sobre los diferentes efectos producidos por la exposición a la radiación ultravioleta de origen solar y cuáles son las medidas de prevención y de protección que deben utilizar para evitar la aparición de lesiones de origen neoplásico, pero menos del 30% de la población encuestada ponen en práctica estas recomendaciones, refiriendo factores limitantes como la dificultad al acceso al bloqueador solar, las condiciones meteorológicas a las cuales se ven expuestos, la seguridad que prestan a la nación, el sexo masculino quien no se atreve a utilizar protector solar; por lo que se considera que es necesario incrementar las diferentes acciones para tratar de concientizar al personal militar en especial los que se encuentran en servicio activo, con el fin de disminuir la incidencia de presentación de lesiones en la piel, realizar diagnóstico temprano de las lesiones y tratamiento.

Como factor de gran interés encontrado en las revisiones realizadas a nivel personal y asociados a la aparición de procesos neoplásicos en el personal militar se encuentra el sexo, siendo el personal masculino el que más incidencia de alteraciones crónicas de la piel puede

presentar debido a que estos se exponen en mayor medida a trabajos al aire libre como lo son el patrullar, en los procesos de construcción de infraestructuras militares, operaciones de cuidado de infraestructuras como los oleoductos entre otras funciones. (32,33)

2.7. Efectos en la salud por la exposición a radiación ultravioleta de origen solar

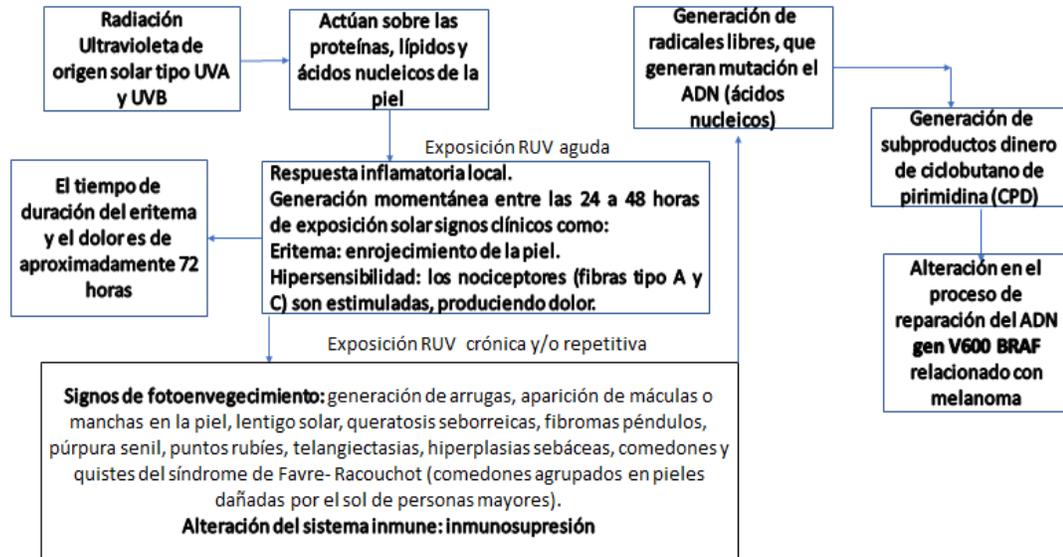
De acuerdo con la Real Academia de la Lengua Española, (34) “*Efecto* se define como aquello que sigue en virtud de una causa.”

Para el caso en concreto, la exposición a la radiación ultravioleta de origen solar es capaz de producir un efecto benéfico o perjudicial, agudo o crónico los cuales dependen directamente de la exposición solar y de la conducta del individuo frente a este evento.

Por efectos positivos importantes de la radiación solar, se describe que puede existir una disminución del estrés debido a la influencia sobre serotonina y endorfinas asociadas con el estado de ánimo; incremento de la actividad mental, por acción de la radiación solar sobre la melatonina; regulación del sueño; y estimulación de síntesis de Vitamina D3; además de mostrar beneficios y aporte en el manejo (fototerapia) de patologías dermatológicas como la psoriasis y la dermatitis atópica principalmente.(35)

Para entender cuáles son los efectos para la salud que ocurren en la piel, es importante establecer cuáles son los cambios que ocurren a nivel fisiopatológico.

Imagen 4. *Fisiopatología de la exposición a la radiación ultravioleta de origen solar en la piel y los efectos en salud*



***Fuente:** Elaboración propia. (36)

2.7.1. Efectos Agudos

Son aquellos efectos que son descritos como de aparición inmediata durante o tras la exposición a la radiación solar; en esta revisión, dentro de los más frecuentes consideraremos los siguientes:

- a) **Insolación:** situación en la que se la sintomatología evidente es el eritema sobre todo en partes del cuerpo expuestas al sol, las personas suelen confundir este evento con quemadura, acompañado de taquicardia (más de 100 lpm), cefalea, deshidratación con pérdida de electrolitos (especialmente sodio: Na) por sudoración excesiva, debilidad, náuseas, la temperatura corporal no se afecta de forma importante y no existe daño tisular, sin embargo podría resultar fatal si cuerpo por el mecanismo

de enfriamiento a través del sudor falla; en estos casos, la temperatura corporal de un individuo puede aumentar rápidamente y dañar órganos vitales.(8)

b) *Eritema o quemadura solar*: es un proceso inflamatorio inmediato en respuesta a la acción de los rayos solares sobre la piel, ocurre de 2 a 7 horas posterior a una intensa exposición solar especialmente si es en horas pico (10h00 hasta 15h00), caracterizada al principio, por dilatación vascular, aumento permeabilidad vascular y migración de polimorfonucleares leucocitos en donde la sintomatología principal es el edema local, dolor expresado como sensación de quemazón, incluso aparecimiento de vesículas o lesiones ampollares y que persisten de 12 a 24 horas hasta que el proceso inflamatorio local cesa. El factor principal del eritema es la UVB con menor participación de UVA que tiene un efecto mil veces menor que la UVB.(8)

En este proceso, el tiempo de aparición de eritema dependerá del fototipo de cada persona, el periodo de exposición a la radiación solar y el Índice UV, de tal manera que existe una dosis efectiva/mínima de radiación UV de origen solar con capacidad de producir eritema o enrojecimiento perceptible en piel no expuesta, denominado MED (Minimal Erythema Dose, siglas en inglés); la MED se expresa como energía (Joule o Julio) por superficie: $J \times cm^2$ o $J \times m^2$.(12)

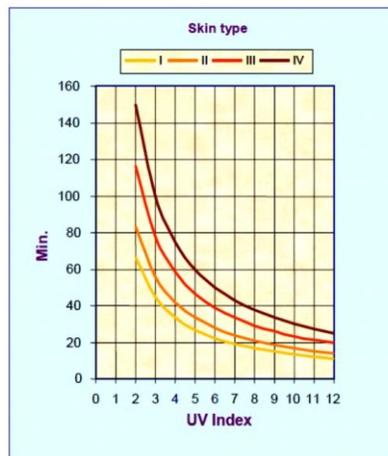
La Dosis Eritematógena Mínima, resulta de la integración del UVI (medido como W/m^2) con el Tiempo de exposición solar, mismo que en concepto es el tiempo máximo que se puede permanecer bajo radiación solar sin presencia de eritema.(8)

Este tiempo se calcula con el valor de UVI y el MED, con la siguiente fórmula:

$$T (\text{min}) = \text{MED} (J/m^2) / [IUV/40 (W/m^2) \times (60 \text{ s/min})]$$

Los valores que se obtienen son variables, de acuerdo con el UVI y cada fototipo evaluado. El valor de MED para cada fototipo está establecido por la norma DIN-5050 (DIN: Deutsches Institut für Normung que es el Instituto Alemán de Normalización), estandarizada para población europea, fototipo I al IV y aceptada por la OMS, es importante aclarar que no se identifica una norma estándar para la población del resto del mundo.

Imagen 5. Gráfico MED con relación al fototipo.



*Fuente: Vanicek (37)

c) *Pigmentación:* La pigmentación, que debe diferenciarse del bronceado tardío (DT), presenta una respuesta bifásica. El oscurecimiento inmediato del pigmento (IPD) ocurre en minutos de exposición a los rayos UVA y VL (Luz Visible), y puede durar hasta dos horas. El IPD es seguido por el oscurecimiento persistente del pigmento (PPD), con un pico en dos horas que puede durar 24 horas. El bronceado tardío (DT) ocurre entre tres y cinco días después de la exposición al sol, puede persistir durante varias semanas e incluso durante meses. El IPD y PPD se derivan del fenómeno de Meirowsky, donde tiene lugar la fotooxidación de melanina

previamente formada en los melanosomas, así como su transferencia de los melanocitos a los queratinocitos y dependen de UVA y también de VL. A diferencia de IPD y PPD, DT ocurre porque hay un aumento en la producción de melanina por parte de los melanocitos, que han aumentado su número, tamaño y actividad. El bronceado tardío puede desaparecer en meses o años, de acuerdo con las características individuales; este depende de UVB, así como de UVA y VL. La capacidad de adquirir pigmentación (IPD, PPD y DT) está influenciada por factores genéticos y es más fuerte en pieles más oscuras.(8)

2.7.2. Efectos Crónicos

El fotoenvejecimiento: El envejecimiento de la piel implica factores intrínsecos y extrínsecos. El envejecimiento intrínseco o cronológico se define como un conjunto de alteraciones clínicas, histológicas y fisiológicas que tienen lugar en la piel no expuesta al sol. El envejecimiento extrínseco o foto envejecimiento consiste en el desarrollo de arrugas profundas, engrosamiento de la piel, dilatación de los vasos sanguíneos y la aparición de múltiples lesiones pigmentadas en zonas foto expuestas. Es el resultado de una combinación de daño causado por la radiación UV asociada con alteraciones intrínsecas. La piel irradiada crónicamente puede volverse metabólicamente más activa, dando lugar a hiperplasia epidérmica, pigmentación irregular, telangiectasias, elastosis, reducción de colágeno y arrugas.(8)

Tabla 4. Clasificación de Glogua- foto envejecimiento

Tipo I – Medio	Tipo II - Moderado	Tipo III – Avanzado	Tipo IV – Severo
Foto envejecimiento temprano.	Foto envejecimiento temprano – moderado.	Discromía.	Lesiones malignas.
Mínimos cambios pigmentarios.	Lentigos seniles visibles.	Telangiectasias.	Arrugas distribuidas en toda la cara.
Sin queratosis.	Queratosis palpable, no visible.	Queratosis visibles.	Mayores de 60 o 70 años
Mínimas arrugas		Arrugas visibles aun sin movimiento.	
		Edad: 50 años o mas	

Edad: 20 a 30 años

Líneas paralelas a la
sonrisa.

Edad: 30 a 40 años

***Fuente:** Alves (38)

a) *La fotocarcinogénesis.* la fotocarcinogénesis consiste en el desarrollo de cánceres de piel inducidos por UVR. La UVR produce complejos radicales, como el hidroxilo, electrones acuosos, radicales de hidrógeno y superóxido. Estos productos, en su gran mayoría, se producen por reacciones fotosensibles directas e indirectas que inducen la descomposición del ADN y el daño de la base, por lo que son letales y mutagénicos. (8)

La piel fotoexpuesta es susceptible tanto a los cánceres de piel no melanoma, como el cáncer de células basales y el cáncer de células escamosas, y al melanoma. Los cánceres de piel no melanoma se han relacionado fuertemente con la exposición a la radiación UV del sol, ya que tanto los rayos UVA como los UVB causan daño al ADN e inmunosupresión. (8)

2.8. *Controles en la fuente*

De acuerdo con el Sistema de información sobre la exposición ocupacional a agentes carcinógenos para Colombia (CAREX)(56), establece que todos los trabajadores se encuentran expuestos a diferentes clases de peligros de diferentes orígenes, los cuales deben ser identificados, valorarlos y finalmente buscar las herramientas para poder controlarlos, los cuales deben ser divulgados hacia los diferentes centros de investigación, administradoras de Riesgos Laborales, empresas promotoras de salud, instituciones prestadoras de servicios de salud ocupacional (hoy Seguridad y Salud en el Trabajo), entidades gubernamentales, agremiaciones, empleadores, organizaciones sindicales y trabajadores. (56, 39) En el caso de la exposición por radiación ultravioleta de origen solar considerada como factor de riesgo de

origen físico, la OIT establece dentro de sus protocolos de medidas de prevención parámetros para mitigar el riesgo a la exposición ultravioleta de origen solar a través de medidas como la eliminación del peligro o el riesgo, controlar el peligro o el riesgo, reducir al máximo el peligro o los riesgos con la ayuda de un sistema de vigilancia para reducir la exposición a radiación ultravioleta de origen solar, con ayuda de los elementos apropiados de protección personal los cuales deben ser aportados por el empleador.

En Colombia se ha establecido estas medidas a través normas como la resolución 2400 de 1979, artículo 117 en la cual se establece determinantes de higiene y seguridad en el trabajo(40), la resolución 3132 del 6 de agosto de 1998 por la cual se establece las normas sobre los protectores solares(41).

El decreto 1072 de 2015 (art. 2.2.4.6.4 2.4) establece las medidas de prevención y control y los pasos que se deben seguir para intervenir el peligro o el riesgo al que se ve expuesto el trabajador, dentro de los que se observa(42):

a) Eliminación del peligro/riesgo: en el caso de la exposición a radiación ultravioleta es imposible suprimirlo, debido a que la exposición solar también tiene efectos benéficos para los seres humanos, como la síntesis de vitamina D, fortalecimiento del sistema inmune.

b). Sustitución: En este caso y debido a que la radiación ultravioleta de origen solar se presenta de manera continua y hace parte de la naturaleza no es posible sustituirlo por otra fuente que genere menos peligro.

c) Controles de Ingeniería: Dentro de los controles de ingeniería se podría realizar el aislamiento del trabajador a la exposición de radiación ultravioleta de origen solar, como generación de sombra, pero por los factores ambientales, las condiciones geográficas de

Colombia, la limitación de los recursos, y los trabajos los cuales ejercen, impiden que el aislamiento del trabajador se lleve a cabo.

d) Controles Administrativos: Este control se aplica directamente a los trabajadores y tiene como finalidad reducir el tiempo de exposición al peligro o riesgo de los trabajadores que laboran al aire libre y que continuamente se exponen a la radiación ultravioleta de origen solar; dentro de las acciones que se podrían contemplar para disminuir la exposición solar tenemos:

- Rotación del personal.
- Generación de políticas de prevención a la exposición a la radiación ultravioleta de origen solar en conjunto con los trabajadores.
- Aumento del número de trabajadores.
- Capacitaciones permanentes a los diferentes trabajadores que laboran al aire libre sobre los riesgos que se presentan por la exposición solar inadecuada e indicar las medidas de protección adecuadas para disminuir los riesgos.
- Concientizar a los empleadores de que es obligación de ellos el proporcionar las medidas de protección adecuadas a sus trabajadores para disminuir el riesgo a la exposición de radiación ultravioleta de origen solar.

e). Equipos y Elementos de Protección Personal y Colectivo: De acuerdo con la Organización Internacional del Trabajo este control se utiliza como herramienta complementaria para la protección de los trabajadores contra los daños que puedan ocurrir en la salud secundario a la exposición a los que se encuentra expuesto en el lugar de trabajo, de igual forma es importante aclarar que dichos implementos de trabajo deben ser suministrados por el

empleador, el cual debe verificar que los elementos de protección cumplan las disposiciones legales vigentes.

Kramer((29), y Riemenschneider (31) determinaron los elementos de protección personal idóneos para los trabajadores que laboran al aire libre, dentro de los cuales están:

a) *Protector solar*: la mayoría de los estudios analizados indican que el uso de protector solar protege la piel contra la radiación ultravioleta de origen solar. En Colombia está reglamentado el uso de protector solar mediante la Resolución 3132 del 6 de agosto de 1998 (41) por la cual se establece las normas sobre los protectores solares, en la cual se dan las indicaciones que estos deben tener.

b) *Ropa adecuada*:

- Sombreros anchos.
- Camisa de manga larga.
- Pantalón largo

Con la implementación de estos elementos de protección personal ya sean como métodos definitivos o complementarios a las medidas de prevención y controles, se logra mitigar en gran medida los efectos deletéreos a nivel de la piel por la exposición ultravioleta de origen solar en los trabajadores que por las condiciones de sus diferentes labores se tiene que exponer a periodos largos de radiación solar.

2.9.Estado del arte

Estudios epidemiológicos alrededor del mundo han demostrado que la exposición solar y la sensibilidad de la radiación UV de origen solar de la población, son los principales factores de riesgo para el desarrollo de cataratas y otras enfermedades oculares, así como también problemas dermatológicos como el envejecimiento precoz, la queratosis entre otras lesiones

asociadas a procesos de foto envejecimiento, si el proceso de exposición se vuelve constante se pueden generar lesiones de tipo neoplásico a nivel cutáneo, estas últimas consideradas como el principal daño y más peligroso efecto ocasionado a la piel, tal como lo ha reafirmado la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) después de reevaluar al respecto la información disponible en reunión llevada a cabo en junio del 2009 y que posteriormente fue publicada en el aparte D del Volumen 100 de las monografías de la IARC.(43)

Actualmente las cifras de afección dermatológica por el cáncer tanto de tipo melanoma y no melanoma van en aumento como consecuencia de los cambios en la exposición producto de las alteraciones del cambio climático (contaminación) y la no adopción de medidas y recomendaciones eficientes de protección personal reconocidas por parte de los trabajadores. Por ello es necesario establecer algún instrumento cualitativo que evalúe y permita inferir el grado de exposición a la radiación ultravioleta del sol de las poblaciones ocupacionalmente expuesta con el propósito de crear conciencia y contribuir con la disminución de este creciente flagelo.

En este documento se tratan los temas relacionados con la exposición a la radiación ultravioleta de origen solar, los efectos en salud a los que están predispuestos los trabajadores que laboran en un ambiente laboral al aire libre, las medidas de protección que frente a este riesgo físico están avaladas por los diferentes estudios y revisiones hechas alrededor del mundo con el fin de que sean aplicadas en un ambiente laboral.

Es por lo anteriormente mencionado que se quiere investigar **¿cómo diseñar un sistema de vigilancia orientado a identificar los factores de riesgo relacionados con la exposición**

ocupacional a la radiación ultravioleta de origen solar en el personal del Ejército Nacional de Colombia y sus efectos en la salud?

Con el propósito de lograr encontrar respuesta a este interrogante se inició la revisión de la literatura científica orientada a las actividades relacionadas con el planteamiento de investigación.

Se establecieron los criterios de búsqueda con base en un conjunto de palabras clave y operadores booleanos (AND – OR).

Para articular la búsqueda en estas bases de datos se realizó una combinación de las palabras clave con los operadores booleanos (ecuaciones de búsqueda) y se tuvieron en cuenta artículos de revisión y artículos de investigación, cuyos títulos de publicación estuvieran relacionados con “Exposición ocupacional a radiación ultravioleta”

Durante el proceso de búsqueda e investigación se consultaron bases de datos como Proquest Central, World Library of Science, American Medical Association, Clinical Key, British Library, Science Direct y PubMed en donde los resultados de las búsquedas arrojaban aproximadamente 35 artículos relacionados con las palabras clave, sin embargo tras la lectura se realizó la depuración correspondiente en función del objeto de investigación, sólo 16 artículos se utilizaron para centrar la misma sin dejar de decir que los otros no contribuyeron con el aporte de su contenido en la construcción del documento o en el desarrollo de la metodología para llegar a la respuesta de la pregunta de investigación inicialmente planteada.

Los artículos obtenidos de las bases de datos esencialmente se caracterizan por ser artículos científicos que relacionan los factores determinantes en la exposición a la radiación UV, los factores protectores y finalmente los efectos adversos en la salud que se pueden presentar.

Durante la búsqueda de los artículos científicos de revisión se pudo obtener un número aproximado de 150 artículos que tenían información relacionada con la exposición a radiación ultravioleta, posteriormente se utiliza el método de búsqueda por la base de datos Pubmed utilizando el método de búsqueda Mesh en el que se combinaron las palabras claves traducidas en inglés articuladas con las ecuaciones de búsqueda AND - OR, obteniéndose un número de artículos de 70 relacionados con investigación y revisión, de estos artículos se extrajeron revisiones entre los años 2009 hasta el 2019.

Como conclusiones de la búsqueda de la información a través de las revistas científicas indexadas se establece que los sistemas de investigación en salud pública y epidemiología alrededor del mundo tienen conocimiento referente a las desventajas que se presenta en la exposición a la radiación ultravioleta de los trabajadores que laboran al aire libre, y que pueden comprometer su estado de salud, por lo que se han establecido parámetros de medición a la exposición solar con el objetivo de difundir esta información en el ámbito laboral y extralaboral y disminuir la incidencia de exposición de este factor de riesgo en la población; de igual forma si la incidencia de la exposición no se logra controlar, se establece los elementos de protección personal para mitigar este riesgo físico.

Por otro lado, en Colombia no se encuentran investigaciones ni estudios recientes en los cuales se logre visualizar el impacto que tiene la exposición a la radiación ultravioleta de origen solar inadecuada sobre la población trabajadora que labora al aire libre la cual en su mayoría desconoce las lesiones que pueden presentar y cuáles son los factores de protección que pueden evitar la progresión de las lesiones en la piel.

Lo anterior nos permite establecer como objetivo para la realización de este proyecto la necesidad de diseñar un sistema de vigilancia con el fin de identificar los factores de riesgo

Diseño de un sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociados a la radiación ultravioleta de origen solar en la población del Ejército Nacional de Colombia y sus efectos en salud.

Stephani Ávila Benítez
Rocío Patricia Carbone Pinedo
Jonathan Mauricio Leal Penagos
Julio Cesar Padilla Agredo

asociados a la exposición a radiación solar en Colombia, los efectos en salud y los factores de protección a implementar en el personal del Ejército Nacional del país, de tal manera que sirva como precedente para ser extrapolado a otras poblaciones ocupacionalmente expuestas a este agente físico.

2.10. Antecedentes de investigación

Los artículos referentes para la construcción del presente trabajo de investigación se describen en el documento “Anexo k. Antecedentes de investigación”

3. Problema

3.1. Descripción del problema

Durante las últimas décadas se ha visto un aumento en la incidencia de aparición de lesiones a nivel de la piel en la población mundial secundario a la exposición a radiación ultravioleta de origen solar, ya sea dentro del ámbito ocupacional o a nivel extralaboral; asociado a lo anterior, se debe tener en cuenta la presencia de factores personales de origen genético y de fenotipo que influyen en la aparición de lesiones en la piel, lo cual varía según el tipo de población.(44, 30)

Dentro de las manifestaciones clínicas presentadas por la exposición solar a nivel de la piel se evidencian en procesos agudos la presencia de hiperemia, hiperalgesia e inflamación, los cuales pueden presentarse en las diferentes capas que componen la piel. Diferentes estudios realizados en la exposición a radiación ultravioleta de origen solar indican que los rayos ultravioleta de onda B tienen mayores repercusiones para las diferentes capas de la piel debido a que éstos pueden llegar hasta la capa de la dermis ocasionando alteraciones a nivel endotelial comprometiendo los capilares que brindan el intercambio de flujo sanguíneo en la piel, y los rayos ultravioleta de onda A los cuales son absorbidos en la epidermis originando cambios estructurales a nivel de esa capa de la piel en especial en los receptores de sensibilidad a la temperatura. Lo anterior es dependiente de la dosis de exposición a la que se encuentra expuesta la persona. Si la persona continúa exponiéndose a la luz ultravioleta de forma continua pueden presentarse otros tipos de lesiones como la generación de arrugas, aparición de máculas o manchas en la piel, lentigo solar, queratosis seborreicas, fibromas péndulos, púrpura senil, puntos rubíes, telangiectasias, hiperplasias sebáceas, comedones y

Diseño de un sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociados a la radiación ultravioleta de origen solar en la población del Ejército Nacional de Colombia y sus efectos en salud.

Stephani Ávila Benítez
Rocío Patricia Carbone Pinedo
Jonathan Mauricio Leal Penagos
Julio Cesar Padilla Agredo

quistes del síndrome de Favre- Racouchot (comedones agrupados en pieles dañadas por el sol de personas mayores), estos son asociados a los factores de foto envejecimiento.(24,20)

En las últimas décadas se han reportado casos en los que la exposición a radiación ultravioleta de origen solar crónica se ha asociado a diagnósticos de generación de procesos neoplásicos a nivel de la piel. Estadísticamente se han reportado entre dos millones y tres millones de cánceres de piel no melanocíticos y más de 132.000 melanomas malignos y mueren aproximadamente 66.000 personas por causa de éste y otros tipos de cáncer de piel. Alrededor del 90 % de los cánceres de tipo no melanoma y del 65 % a 90 % de los melanomas están relacionados con la exposición de los rayos ultravioleta(45)

Las cifras no dejan de aumentar y aunque puede haber subregistros, la estimación global que hasta el año 2018 reposa en la base de datos GLOBOCAN la cual es recopilada y difundida por la IARC, ubican al cáncer de piel (principalmente el no melanocítico) como la cuarta neoplasia después de la de próstata, pulmón y estómago en el hombre y en la quinta neoplasia después de la de mama, pulmón, cérvix y colon en la mujer. (46,47)

En Colombia se ha visto que en los últimos 10 años han aumentado los casos de personas con esta enfermedad, pasando de 23 casos por cada 100 mil habitantes en 2003, a 41 casos por 100 mil habitantes en 2007, según estudio realizado por el Hospital Universitario Centro Dermatológico Federico Lleras Acosta E.S.E y la Universidad Nacional “Incidencia de Cáncer de Piel en Colombia, años 2003-2007”.(48)

Mencionado aumento también ha sido documentado por los centros médicos de referencia como lo es el Instituto Nacional de Cancerología durante el período comprendido entre enero de 1996 y diciembre de 2010, cuando registraron 11.780 (14,9%) casos nuevos de cáncer de piel (841,4 por año) de entre 79.381 casos nuevos de todos los tipos de cáncer. En

comparación con los otros tipos de cáncer atendidos en el Instituto, se puede evidenciar un incremento sostenido del número de casos de cáncer de piel (23,3 % en 2010), prácticamente el doble de los de cáncer de mama y de cuello uterino, y de cuatro a cinco veces más que los tumores de la próstata, el sistema hematolinfoide y el sistema gastrointestinal.(49)

Ahora bien, dentro de las poblaciones que se encuentran con riesgo de aparición de lesiones en piel están aquellas pertenecientes a las fuerzas militares, quienes por la naturaleza propia de su ocupación en el mantenimiento de la seguridad nacional y el orden constitucional a lo largo del territorio nacional se exponen a la radiación ultravioleta del sol por largas jornadas, lo cual sumado a la falta de información y concientización sobre los efectos nocivos producidos por los rayos solares y el uso pertinente de los medios de protección solar, se convierten en un nicho ideal de evaluación de los factores de riesgo y seguimiento de las afecciones ocasionadas por este importante agente físico.

De acuerdo a base de datos registrada en el Sistema de Administración del Talento Humano (SIATH) del Ejército Nacional, actualmente la población militar en actividad está constituida por 240.000 efectivos, con edades comprendidas entre 18 y 42 años, distribuidos en todo el territorio nacional, cumpliendo misiones en áreas de orden público operacional, logístico, administrativo y de instrucción.(50)

Geográficamente, quienes se encuentran expuestos en mayor proporción a radiación solar, dadas las características y condiciones inherentes a su desempeño ocupacional se encuentran distribuidos a lo largo del territorio nacional, aunque se puede notar diferencia numérica entre las diferentes regiones del país debido a la influencia y presencia de grupos al margen de la Ley y la situación de orden público que en cada una de estas áreas se esté viviendo, siendo

Diseño de un sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociados a la radiación ultravioleta de origen solar en la población del Ejército Nacional de Colombia y sus efectos en salud.

Stephani Ávila Benítez
Rocío Patricia Carbone Pinedo
Jonathan Mauricio Leal Penagos
Julio Cesar Padilla Agredo

las de mayor población militar los departamentos del Caquetá, Norte de Santander, Meta, Arauca y Nariño.

Tabla 5. *Población aproximada del Ejército Nacional de Colombia*

Departamento	Población militar expuesta
Guajira	8.140
Magdalena	3.226
Atlántico	1.951
Cesar	5.489
Bolívar	2.320
Córdoba	6.711
Valle del Cauca	7.423
Norte de Santander	14.266
Meta	14.434
Guaviare	5.913
Vaupés	1.721
Arauca	13.528
Vichada	9.182
Guainía	942
Vichada	9.182
Casanare	3.892
Caquetá	17.689
Chocó	7.076
Putumayo	8.217
Nariño	13.220
Amazonas	1.736

***Fuente:** Elaboración propia, datos directos aproximados del Ejército Nacional(50)

La red externa de atención con que se cuenta en estas zonas del país es insuficiente para la densidad poblacional expuesta. En cada unidad militar se cuenta con establecimiento de sanidad militar de primer nivel de complejidad, hospital de campaña, o enfermeros de combate con la formación básica necesaria para atención de primeros auxilios, así mismo las instituciones de referencia como las clínicas, hospitales que apoyan la atención en salud en caso de requerimiento de atención de urgencias o entidades contratadas para tal fin, no cuentan con un personal capacitado para la detección de problemas relacionados con la exposición solar. En muchas ocasiones el personal militar presenta limitaciones para el acceso a los servicios de salud dada la ubicación geográfica o la situación de orden público a la que están expuestos permanentemente los integrantes del Ejército Nacional, razón por la cual no se realiza campañas de promoción y prevención enfocadas a la concientización de los cuidados que se deben tener en cuenta con los factores de riesgo asociados a la exposición a la radiación ultravioleta de origen solar.

Es por esto que se hace necesario difundir la información por medio de material didáctico con lenguaje amigable, y de fácil entendimiento sobre los factores de riesgo, las medidas preventivas (autocuidado) y los signos de alarma relacionados con la exposición a la radiación ultravioleta de origen solar, con el propósito de crear conciencia en el personal que facilite la detección temprana de alteraciones físicas a nivel de la piel, así como el desarrollo de guías y protocolos de evaluación y diagnóstico para los profesionales de salud de modo que se faciliten las actividades de detección temprana y protección específica.

Dentro de los factores personales relacionados con la exposición solar y aparición de lesiones en piel se encuentran el color de la piel, en especial en el de las personas de tez blanca, quienes por la falta de melanina son más propensos a las mismas, el sexo masculino

que prepondera en la fuerza pública, la edad (la población de adultos mayores de 60 años, esto es asociado al tiempo en el que se expusieron a la radiación ultravioleta del sol). Aunque se han registrado casos de población joven con procesos neoplásicos en piel, el no uso de protector solar, el tipo de ropa que se utiliza, los estilos de vida, la altitud y latitud donde se encuentre la persona expuesta a la radiación ultravioleta del sol son otros elementos a tener en cuenta.(39,36,31)

En Colombia, se han realizado pocos estudios relacionados con los factores de riesgo derivados de la exposición a radiación ultravioleta del sol y la aparición de lesiones a nivel de la piel en el personal militar. Por tal razón, es imperativo el poder desarrollar investigaciones enfocadas en la detección de esos factores de riesgo con el propósito de elaborar un protocolo de vigilancia de la exposición y los efectos en salud que ésta ocasiona, contribuyendo así con: 1. Establecer los niveles de exposición y a partir de éstos los controles necesarios, 2. Definir un mecanismo de monitoreo de la salud de modo que se facilite el seguimiento a la población expuesta y se prevenga la aparición de casos relacionados con esta exposición tales como la aparición de procesos neoplásicos a nivel de la piel.

4. Justificación

El sol es necesario para la vida, pues ésta depende de la energía radiante que emana.(43) Trae consigo ventajas y desventajas para una gran variedad de especies en la biósfera, dependiendo de los niveles de exposición.(16) Sus rayos además de calentarnos intervienen en la síntesis de vitamina D y aumenta las propiedades fotoprotectoras de la melanina en nuestra piel. Sin embargo, la exposición excesiva puede ser muy perjudicial para la salud.(13)

Los rayos solares llegan a la tierra en tres tipos: ultravioleta A (UVA), ultravioleta B (UVB) y ultravioleta C (UVC). Estos rayos son absorbidos por las distintas capas de la atmósfera, llegando a la tierra sólo la cantidad necesaria para facilitar la vida, sin embargo esta se ve afectada por la altura del sol, la latitud, la nubosidad, la altitud, el tipo de superficie sobre la cual se refleja o situaciones tan actuales como el cambio climático que puede aumentar los niveles de radiación UV que llegan al suelo al afectar la recuperación esperada del agotamiento del ozono estratosférico (producido por algunos gases de efecto invernadero como los clorofluorocarbonados (CFC), o al alterar los gases troposféricos, los aerosoles y las nubes que absorben los rayos UV del ambiente).(52)

Lamentablemente, esto es lo que viene ocurriendo en las últimas décadas, la protección natural que ofrece la atmósfera frente a la radiación ultravioleta ha disminuido sustancialmente, dejándonos cada vez más expuestos a dicha radiación, alcanzando incluso, niveles por encima de los que deberíamos soportar, afectando de forma directa a nuestra piel.(53)

Lo anterior resulta de gran importancia debido a que el aumento en la exposición inadecuada a la radiación ultravioleta originada por el sol provoca daños a nivel del ADN

celular en la piel originando finalmente la aparición de procesos en la alteración de las estructuras que componen la piel y con el tiempo pueden desencadenar procesos neoplásicos. Es por eso por lo que los diferentes estudios realizados a nivel mundial ponen en conocimiento esta problemática con el objetivo de buscar soluciones para evitar la exposición de forma inadecuada de la radiación ultravioleta de origen solar especialmente en la población económicamente activa ya que estos pueden exponerse de manera continua y prolongada, y finalmente buscar las herramientas de protección personal para evitar la generación de lesiones en la piel. Dentro las medidas de protección contempladas están el uso de ropa adecuada, uso de protector solar, entre otras.(39)

Uno de los medios para medir el grado de exposición ultravioleta es el índice UV solar mundial el cual fue creado por la Organización Mundial de la Salud (OMS) en colaboración con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Organización Meteorológica Mundial (OMM), la Comisión Internacional sobre Protección contra la Radiación no Ionizante (ICNIRP) y la Oficina Federal Alemana para la Protección contra la Radiación (Bundesamt für Strahlenschutz, BfS), cuya finalidad es la de establecer la intensidad de radiación ultravioleta de origen solar en la superficie terrestre y cómo ésta puede ocasionar lesiones cutáneas, este parámetro también es útil para advertir a la población sobre la necesidad de utilizar medidas de protección para mitigar las manifestaciones clínicas que se presentan por la exposición a radiación ultravioleta de origen solar.(54, 39)

Estudios epidemiológicos alrededor del mundo han demostrado que la exposición solar y la sensibilidad de la radiación UV de la población son los principales factores de riesgo para el desarrollo cataratas y otras enfermedades oculares, así como también problemas dermatológicos como el envejecimiento precoz, la queratosis y las neoplasias cutáneas, éstas

Diseño de un sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociados a la radiación ultravioleta de origen solar en la población del Ejército Nacional de Colombia y sus efectos en salud.

Stephani Ávila Benítez
Rocío Patricia Carbone Pinedo
Jonathan Mauricio Leal Penagos
Julio Cesar Padilla Agredo

últimas consideradas como el principal daño y más peligroso efecto ocasionado a la piel, tal como lo reafirmó la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC) en junio de 2009.(10,53)

A nivel mundial, cada año se diagnostican entre dos millones y tres millones de cánceres de piel no melanocíticos y más de 132.000 melanomas malignos y mueren aproximadamente 66.000 personas por causa de éste y otros tipos de cáncer de piel. Alrededor del 90 % de los cánceres de tipo no melanoma y del 65 % a 90 % de los melanomas están relacionados a la exposición de los rayos ultravioleta.(45)

En Colombia se ha visto que en los últimos 10 años han aumentado los casos de personas con esta enfermedad, pasando de 23 casos / 100 mil habitantes en 2003, a 41 casos por 100 mil habitantes en 2007, según estudio realizado por el Hospital Universitario Centro Dermatológico Federico Lleras Acosta E.S.E y La Universidad Nacional “Incidencia de Cáncer de Piel en Colombia, años 2003-2007”.(48)

Mencionado aumento también ha sido documentado por otro de los centros médicos de referencia como lo es el Instituto Nacional de Cancerología durante el período comprendido entre enero de 1996 y diciembre de 2010, cuando registraron 11.780 (14,9%) casos nuevos de cáncer de piel (841,4 por año) de entre 79.381 casos nuevos de todos los tipos de cáncer. En comparación con los otros tipos de cáncer atendidos en el Instituto, se puede evidenciar un incremento sostenido del número de casos de cáncer de piel (23,3 % en 2010), prácticamente el doble de los de cáncer de mama y de cuello uterino, y de cuatro a cinco veces más que los tumores de la próstata, el sistema hematolinfoide y el sistema gastrointestinal.(49)

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), no existe un criterio exacto de expuesto y es de difícil definición, debido a los factores que afectan la radiación UV. En una aproximación por definir la exposición a la radiación solar ultravioleta, países de Latinoamérica como Chile define a los Trabajadores/as expuestos/as a radiación UV solar como aquellos que ejecutan labores sometidos a radiación solar directa en días comprendidos entre el 1° de septiembre y el 31 de marzo, entre las 10 y las 17 horas, y aquellos que desempeñan funciones habituales bajo radiación UV solar directa con un índice UV igual o superior a 6, en cualquier época del año.(55)

Sin embargo y a pesar de la estrecha relación en la que la mayoría de los estudios científicos relacionan la exposición a la radiación UV del sol con la presencia del cáncer de piel, existe una delgada línea entre la exposición diaria que al aire libre sufre el grueso de la población y la exposición ocupacional de personas que ejercen labores en dicha condición ambiental.

Según los estudios obtenidos por el “Sistema internacional de información sobre la exposición ocupacional a agentes carcinógenos” (CAREX) realizado en el año 2012, en donde se determinó que la exposición a la radiación ultravioleta de origen solar en los diferentes sectores económicos del país ocupó el segundo lugar con un número estimado de trabajadores expuestos de 1.876.010 y una proporción de expuestos de 9,19%, dentro de las que se encuentran la construcción, la agricultura. Por otro lado, dentro de los factores de riesgo se logró evidenciar que Colombia está ubicada en la región ecuatorial y por tanto la exposición a radiación solar tiene un gran componente ambiental. El cáncer de piel por este agente tiene un gran componente de exposición acumulada en la infancia y factores

Diseño de un sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociados a la radiación ultravioleta de origen solar en la población del Ejército Nacional de Colombia y sus efectos en salud.

Stephani Ávila Benítez
Rocío Patricia Carbono Pinedo
Jonathan Mauricio Leal Penagos
Julio Cesar Padilla Agredo

inherentes al individuo. Su enfoque preventivo debe ser con mayor énfasis desde el punto de vista de salud pública y con refuerzo en el campo de la salud ocupacional.(56)

Ahora bien, es poco lo que se ha podido establecer en cuanto a las normas legales para la prevención de la exposición a radiación ultravioleta solar en Colombia. Dentro de los documentos legales se encuentran:

- Decreto número 1477 de 2014(57)

A través del siguiente Decreto la Presidencia de la República en uso de sus atribuciones constitucionales expide la tabla de enfermedades laborales, dejando sin efectos la anterior Tabla contenida en el Decreto 2566 de 2009(58), el cual queda derogado por mandato del artículo 5 del nuevo decreto.

Para la nueva tabla de enfermedades laborales, los Ministerios de Salud y Protección Social y del Trabajo, deben realizar una actualización, por lo menos cada tres (3) años, atendiendo los estudios técnicos financiados por el Fondo Nacional de Riesgos Laborales. Esta por su parte permite una doble entrada:

- 1) Agentes de riesgo, para facilitar la prevención de enfermedades en las actividades laborales y
- 2) Grupos de enfermedades, para determinar el diagnóstico médico en los trabajadores afectados.

La Tabla de Enfermedades laborales contenida en el Decreto 1477 de 2014(57) se diferencia de la anterior en varios aspectos: En primer término, contiene un Anexo Técnico de 105 hojas, con dos secciones, describiendo en la primera los agentes de riesgo con indicación de las actividades y enfermedades asociadas. En la segunda sección clasifica las enfermedades por grupos o categorías.

Diseño de un sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociados a la radiación ultravioleta de origen solar en la población del Ejército Nacional de Colombia y sus efectos en salud.

Stephani Ávila Benítez
Rocío Patricia Carbone Pinedo
Jonathan Mauricio Leal Penagos
Julio Cesar Padilla Agredo

Por lo demás, el Decreto 1477 de 2014(57) señala la manera como deben pagarse las prestaciones económicas cuando se diagnostique una enfermedad laboral, ratificando lo preceptuado en el párrafo 3º del artículo 5º de la Ley 1562 de 2012(59): en caso de presentarse controversia sobre el origen de la enfermedad, se pagarán el mismo porcentaje estipulado para el Régimen Contributivo del Sistema General de Seguridad Social en salud, hasta tanto se dirima la controversia.

- Decreto - Ley 129 de 2016(60)

El gobierno Nacional a través del Ministerio de Salud elaboró una política Pública (Decreto ley 129 de 2016(60) con el propósito de establecer normas que van a ir encaminadas a generar conciencia en la población y reducir los efectos nocivos derivados de la exposición a la radiación ultravioleta; para lo cual las entidades públicas y privadas a nivel nacional en las cuales sus trabajadores o personal vinculado tenga que permanecer expuesto a la radiación solar por largos períodos, tendrán que seguir lineamientos específicos para la protección de su respectivo personal.

Adicionalmente, establece los elementos mínimos que tendrá que recibir cada trabajador cuando se encuentre expuesto a radiación solar por largos períodos. Del mismo modo, establecerá las sanciones o multas por imponer en caso de incumplimiento de las obligaciones establecidas en la presente ley.

- Resolución 2400 de 1979(40)

El Ministerio de Trabajo y Seguridad Social en Colombia, a través de la Resolución 2400 de 1979(40), establece algunas disposiciones en cuanto a higiene y seguridad en los establecimientos de trabajo, con el fin de preservar y mantener la salud física y mental,

prevenir accidentes y enfermedades profesionales, para lograr las mejores condiciones de higiene y bienestar de los trabajadores en sus diferentes actividades.

En esta resolución se dictan las obligaciones que adquieren los patronos con sus trabajadores en materia de salud ocupacional y de igual forma las obligaciones que adquieren los trabajadores con su patrono al mantener una relación contractual, esto último sujeto a las normas legales.

En su artículo 116 establece que en todos los establecimientos de trabajo en donde los trabajadores estén expuestos a riesgos físicos, mecánicos, químicos, biológicos, etc., son los patronos los encargados de suministrar los equipos de protección adecuados, según la naturaleza del riesgo y deberán reunir las condiciones de seguridad y eficiencia para el usuario.

Para el caso del riesgo físico de tipo radiación ultravioleta establece en su artículo 112 que como complemento de la protección colectiva se dotará a los trabajadores expuestos a radiaciones ultravioletas, de gafas o máscaras protectoras con cristales coloreados, para absorber las radiaciones o guantes o manguitos apropiados y cremas aislantes para las partes que queden al descubierto.

Por otro lado, el artículo 114 menciona que todo trabajador sometido a radiaciones ultravioletas en cantidad nociva será especialmente instruido, en forma repetida, verbal y escrita de los riesgos a que está expuesto y medios apropiados de protección; así mismo prohíbe que estos trabajos sean realizados por mujeres menores de veintiún (21) años y a los varones menores de dieciocho (18) años.

- Resolución 3132 del 6 de agosto de 1998 por la cual se establece las normas sobre los protectores solares(41).

Según el anexo técnico de esta resolución los protectores solares deberán tener ciertas características que le otorgan la propiedad de contrarrestar y/o prevenir los daños ocasionados por el sol.

Los protectores solares deben tener los factores protectores mínimos para ser considerados como tal, requerido por la FDA, Colipa, Legislación de Australia o Japón (la que acoja el fabricante) con la adición de una protección alta en el UV-A y UV-B mediante un filtro físico. El compuesto químico debe cumplir la función de disipar la luz ultravioleta entre longitudes de onda de 290 a 770 nm, con la finalidad de disminuir o minimizar las quemaduras solares.

Por otro lado, esta resolución adopta las clasificaciones recomendadas por la FDA, Colipa, Legislación de Australia y Japón para efectos de clasificar y categorizar los protectores solares, de igual manera se acepta los listados de filtros solares y las asociaciones en las concentraciones de uso vigentes, que aparecen en los listados oficiales expedidos por la Food & Drugs Administration de los Estados Unidos de América (FDA), la Cosmetics, Toiletry and Fragrance Association (CTFA), y las de las directivas de la Unión Europea, además de los listados oficiales de Australia y Japón; sin perjuicio de los que expida el Ministerio de Salud, de conformidad con el artículo 21 del Decreto 219 de 1998(61).

Los productos que contienen filtros solares como ingrediente secundario, no se consideran protectores solares, sin embargo, cuando se declare un Factor de Protección Solar (SPF) mayor de 6, deberá presentar los respectivos estudios clínicos.

Se determinan los métodos de evaluación de la protección solar y los contenidos de los textos, envases y empaques de productos protectores solares.

- Decreto 1072 de 2015 (art. 2.2.4.6.4 2.4) en las medidas de prevención y control(42)

En el mes de mayo de 2015, el Ministerio de Trabajo también expidió el Decreto 1072 de 2015(42) que no es más que una compilación de todos los reglamentos existentes en Colombia relacionada con los aspectos laborales. Este decreto es conocido como el Decreto Único Reglamento del Sector Trabajo, en el cual también se tratan los siguientes temas: Relaciones laborales individuales, Relaciones laborales colectivas, Inspección, vigilancia y control, Riesgos laborales, Juntas de calificación de invalidez, Normas referentes al empleo, Subsidio familiar, Actividad social y solidaria.

Para el interés de este proyecto es preciso extraer de este decreto lo que trata puntualmente el artículo 2.2.4.6.4 que pone en manifiesto el concepto y en qué consiste el Sistema de gestión de la seguridad y salud en el trabajo (SG-SST), entendiéndose este como un proceso lógico y por etapas, basado en la mejora continua y que incluye la política, la organización, la planificación, la aplicación, la evaluación, la auditoría y las acciones de mejora con el objetivo de anticipar, reconocer, evaluar y controlar los riesgos que puedan afectar la seguridad y la salud en el trabajo.

Dicho sistema debe ser liderado e implementado por el empleador o contratante, con la participación de los trabajadores y/o contratistas, garantizando a través de dicho sistema, la aplicación de las medidas de Seguridad y Salud en el Trabajo, el mejoramiento del comportamiento de los trabajadores, las condiciones y el medio ambiente laboral, y el control eficaz de los peligros y riesgos en el lugar de trabajo.

Para tal efecto, el empleador o contratante debe abordar la prevención de los accidentes y las enfermedades laborales, y también la protección y promoción de la salud de los trabajadores y/o contratistas, a través de la implementación, mantenimiento y mejora

Diseño de un sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociados a la radiación ultravioleta de origen solar en la población del Ejército Nacional de Colombia y sus efectos en salud.

Stephani Ávila Benítez
Rocío Patricia Carbone Pinedo
Jonathan Mauricio Leal Penagos
Julio Cesar Padilla Agredo

continua de un sistema de gestión cuyos principios estén basados en el ciclo PHVA (Planificar, Hacer, Verificar y Actuar).

- Resolución 2346 de 2007 (Historias clínicas ocupacionales y exámenes médicos)(62)

A través de la Resolución 2346 de 2007(62) en Colombia se regula la práctica de evaluaciones médicas ocupacionales y el manejo y contenido de las historias clínicas ocupacionales.

El Ministerio de Protección social en uso de sus atribuciones legales, en especial las conferidas por el Código Sustantivo del Trabajo considera que el Consejo Nacional de riesgos Profesionales en función por recomendar las normas técnicas de salud ocupacional que regulan el control de los factores de riesgos creó la Comisión Nacional, quien avaló una serie de recomendaciones en cuanto a la práctica de evaluaciones médicas ocupacionales.

La realización de las evaluaciones médicas ocupacionales es una de las actividades importantes de los subprogramas de medicina preventiva y del trabajo y constituyen un instrumento significativo en la elaboración de diagnósticos de las condiciones de salud de los trabajadores para el diseño de programas de prevención de enfermedades, cuyo objetivo es mejorar la calidad de vida.

El seguimiento estandarizado de las condiciones de salud de los trabajadores en los lugares de trabajo y la unificación de criterios en la aplicación de evaluaciones médicas ocupacionales permite que sus resultados sean aplicados en la colección y análisis de información estadística, desarrollo de sistemas de vigilancia epidemiológica, programas de rehabilitación integral y proceso de calificación de origen, y pérdida de la capacidad laboral. En virtud de lo anterior, se establecieron normas para el manejo de historias clínicas ocupacionales.

- Ley 378 de 1997(63)

Por medio de la ley 378 de 1997, se aprueba el "Convenio número 161, que habla sobre los servicios de salud en el trabajo" adoptado por la 71 Reunión de la Conferencia General de la Organización Internacional del Trabajo, OIT, Ginebra, 1985.

Se entiende por "servicios de salud en el trabajo" aquellos servicios investidos de funciones esencialmente preventivas y encargados de asesorar al empleador, a los trabajadores y a sus representantes en la empresa sobre los requisitos necesarios para establecer y conservar un medio ambiente de trabajo seguro y sano que favorezca una salud física y mental óptima en relación con el trabajo, así como también de la adaptación del trabajo a las capacidades de los trabajadores, habida cuenta de su estado de salud física y mental.

Esta Ley garantiza los servicios de salud en el trabajo a todos los trabajadores en todas las ramas de la actividad económica y en todas las empresas, y tales servicios deberán asegurar y responder a ciertas funciones de una manera adecuada y apropiada según sea los riesgos de la empresa.

- Respecto a GATISO(64)

En Colombia existen 10 Guías de Atención Integral en Seguridad y salud en el Trabajo (GATISO)(64), que tienen como objetivo orientar los actores del Sistema de Riesgos Laborales, el Sistema General de Seguridad Social en Salud, los pacientes y ciudadanos, con la finalidad de realizar actividades generales de prevención, vigilancia, diagnóstico e intervención ocupacional.

Dentro de los temas revisados en las Guías se pueden encontrar enfermedades como, asma ocupacional, dolor lumbar, dermatitis, cáncer de pulmón, hombro doloroso, neumoconiosis, derivados de exposición a trabajos de rocas silíceas, polvos de carbón y asbestos, hipoacusia

Diseño de un sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociados a la radiación ultravioleta de origen solar en la población del Ejército Nacional de Colombia y sus efectos en salud.

Stephani Ávila Benítez
Rocío Patricia Carbone Pinedo
Jonathan Mauricio Leal Penagos
Julio Cesar Padilla Agredo

del ruido, bencenos utilizados en fábricas de pinturas, pegantes e industria química, organofosforados o manipulación, contacto con plaguicidas de alta toxicidad, y desórdenes musculoesqueléticos.

Por lo anterior, se logró establecer que no existe una Guía específica para la radiación ultravioleta, por tal razón se hace necesario establecer parámetros de promoción y prevención mediante la realización de un sistema de vigilancia en el que se determinen qué factores se encuentran directamente relacionados con el riesgo de alteraciones en la salud en los trabajadores que se exponen a radiación ultravioleta de origen solar.

Lo anterior es la base de la presente investigación, pues es necesario indagar en las poblaciones ocupacionalmente expuestas a la radiación UV del sol, los efectos que sobre la salud trae, teniendo como punto de partida, aquella que presentan los miembros de la fuerza pública, en especial los miembros del Ejército Nacional de Colombia, y de esta manera establecer factores predisponentes y prevenibles con el fin de profundizar y enfatizar en medidas que permitan contribuir en la aparición de afecciones como el cáncer de piel o patologías relacionadas en estas poblaciones.

4.1. Pregunta de investigación

¿Qué factores de riesgo relacionados con la exposición ocupacional a la radiación UV del sol y el posterior desarrollo de afecciones en salud deben ser supervisados mediante la creación de un sistema de vigilancia para el personal del Ejército Nacional en el territorio nacional de Colombia?

5. Objetivos

5.1. *Objetivo general*

Diseñar un sistema de vigilancia orientado a identificar los factores de riesgo relacionados con la exposición ocupacional a la radiación ultravioleta de origen solar en el personal del Ejército Nacional de Colombia y sus posibles efectos en salud.

5.2. *Objetivo (s) específicos*

1. Identificar los factores de riesgo asociados a la exposición ultravioleta.
2. Identificar cuáles son las áreas geográficas en Colombia en donde se puede presentar mayor riesgo de exposición a radiación ultravioleta en la población del Ejército Nacional de Colombia.
3. Diseñar un protocolo de evaluación de la condición de salud de la población expuesta a radiación ultravioleta.
4. Proponer un sistema de recolección y análisis de información relacionada con la exposición a radiación UV solar y los efectos en salud que permita generar indicadores para la toma de medidas de intervención.
5. Establecer los mecanismos de protección más eficientes para contrarrestar los efectos ocasionados por la exposición a la radiación ultravioleta de origen solar en la piel de la población del Ejército Nacional de Colombia.

6. Propósito

El propósito de esta investigación es poder generar un control más exhaustivo y de fondo del riesgo a la exposición de la radiación ultravioleta provenientes del sol y sus consecuencias debido a las radiaciones no ionizantes; por lo tanto se diseña un sistema de vigilancia epidemiológica, para caracterizar la población trabajadora del Ejército Nacional, e identificar las enfermedades directas e indirectas que se puede categorizar como enfermedades laborales por la exposición continua al sol en las labores realizadas.

Este sistema de vigilancia epidemiológica es bajo la metodología del ciclo PHVA (Planear, Hacer, Verificar y Actuar). Es importante entender porque se basa en el ciclo nombrado; la principal característica de un ciclo PHVA es que no tiene un punto final en el momento en que se obtenga un determinado resultado, sino que se crea una rueda continua en la que el ciclo se reinicia una y otra vez de manera periódica y constante, generando de esta forma un proceso de mejora continua. Esto significa que siempre se debe buscar la optimización de las acciones por medio del análisis de: indicadores, logros obtenidos y programas de mejora ya implementados, con el objetivo de crear acciones encaminada a la protección y prevención de enfermedades laborales y concientizar a la población objeto del riesgo al que se exponen dentro del ámbito laboral.

7. Aspectos metodológicos

7.1. Tipo de estudio

El tipo de estudio de la presente investigación es de carácter descriptivo donde se realizará un diseño de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociados a la radiación ultravioleta en la población del Ejército Nacional de Colombia y sus posibles efectos en salud.

Es preciso indicar, que su diseño metodológico también requiere de consultar, analizar y construir información a partir de documentos científicos y requisitos normativos. Por lo tanto, para sus efectos la investigación no a carreara riesgo y se clasifica como tal.

7.2. Variables

Tabla 6. Matriz de operaciones de variables

Variable	Definición conceptual	Tipo de Variable	Indicador
Sexo	Características biológicas y fisiológicas que definen a el hombre y la mujer	Cualitativa nominal	Masculino Femenino
Factor de riesgo	La existencia de elementos, fenómenos, condiciones, circunstancias y acciones humanas, que encierran una capacidad potencial de producir lesiones daños y cuya probabilidad de ocurrencia depende de la eliminación o control del elemento agresivo	Cualitativa nominal	Físico Radiaciones no ionizantes
Tiempo de Exposición	Duración del evento para este caso será entendida como el tiempo que ha perdurado. En horario de trabajo expuesto a radiación. Ultravioleta de origen solar.	Cualitativa nominal	Reportado en días, meses.

***Fuente:** Elaboración propia

Tabla 7. Entregables y productos de acuerdo con los objetivos propuestos

OBJETIVO ESPECÍFICO	ACTIVIDADES PARA REALIZAR	ENTREGABLES DE CADA ACTIVIDAD	RECURSOS
1. Identificar los factores de riesgo asociados a la exposición ultravioleta.	Realizar una consulta en base de datos y consultas especializadas sobre los factores de riesgo.	Matriz de factores de riesgo y variables derivados de la exposición a radiación ultravioleta.	TECNOLÓGICOS Equipo de cómputo, acceso a internet. HUMANOS Equipo de trabajo conformado para el desarrollo del trabajo de grado.
2. Identificar cuáles son las áreas geográficas de	Buscar en las fuentes nacionales en donde se	Entregar una matriz con la que se va a	TECNOLÓGICOS

Diseño de un sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociados a la radiación ultravioleta de origen solar en la población del Ejército Nacional de Colombia y sus efectos en salud.

Stephani Ávila Benítez
Rocío Patricia Carbone Pinedo
Jonathan Mauricio Leal Penagos
Julio Cesar Padilla Agredo

exposición en Colombia en donde se puede presentar mayor riesgo de exposición a radiación ultravioleta en la población del Ejército Nacional de Colombia.	evidencie los sitios geográficos donde se pueda presentar mayor exposición a radiación UV de tipo solar.	crear el Sistema de información geográfica de trabajadores expuestos a radiación UV con los insumos para creación de exposición geográfica.	Equipo de cómputo, acceso a internet. HUMANOS Equipo de trabajo conformado para el desarrollo del trabajo de grado.
	Diseñar un sistema de información geográfica de los trabajadores expuestos y de la intensidad de la exposición a radiación ultravioleta de origen solar.	Crear mapa interactivo que dé cuenta tanto de la cantidad de trabajadores expuestos por área geográfica, las zonas de mayor intensidad de radiación Ultravioleta y los factores de riesgo a los que se encuentran expuestos los militares del Ejército Nacional de Colombia.	TECNOLÓGICOS Equipo de cómputo, acceso a internet. HUMANOS Equipo de trabajo conformado para el desarrollo del trabajo de grado.
3. Diseñar un protocolo de evaluación de la condición de salud de la población expuesta a radiación ultravioleta.	Realizar una búsqueda en revistas indexadas especializadas en medicina sobre las actividades médicas que se realizan para la detección de alteraciones en piel derivadas de la exposición a radiación ultravioleta de tipo solar.	Protocolo con el paso a paso del examen médico ocupacional con énfasis en piel para un trabajador militar expuesto a la radiación ultravioleta. Formato de historia clínica que debe diligenciar el personal médico que desea aplicar el protocolo de examen médico ocupacional. Crear una base de datos de consolidación de información de Historia Clínica.	TECNOLÓGICOS Equipo de cómputo, acceso a internet. HUMANOS Equipo de trabajo conformado para el desarrollo del trabajo de grado.
4. Proponer un sistema de recolección y análisis de información relacionada con la exposición a radiación UV solar y los efectos en salud que permita generar indicadores para la toma de medidas de intervención	Realizar una búsqueda bibliográfica y en fuentes que permita obtener la información necesaria para su elaboración.	Matriz de indicadores. Base de datos.	TECNOLÓGICOS Equipo de cómputo, acceso a internet. HUMANOS Equipo de trabajo conformado para el desarrollo del trabajo de grado.
5. Establecer los mecanismos de protección más eficientes para contrarrestar los efectos ocasionados por la exposición a la radiación ultravioleta de origen solar en la piel de la población del Ejército Nacional de Colombia.	Establecer mediante una búsqueda bibliográfica los controles de protección más eficaces recomendados de fácil acceso y adherencia por parte del personal expuesto. Consultar con profesionales especialistas en dermatología adscritos al Ejército Nacional acerca de las medidas o	Matriz de recomendaciones de intervención y medidas de control mínimas.	TECNOLÓGICOS Equipo de cómputo, acceso a internet. HUMANOS Equipo de trabajo conformado para el desarrollo del trabajo de grado.

Diseño de un sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociados a la radiación ultravioleta de origen solar en la población del Ejército Nacional de Colombia y sus efectos en salud.

Stephani Ávila Benítez
Rocío Patricia Carbone Pinedo
Jonathan Mauricio Leal Penagos
Julio Cesar Padilla Agredo

factores de protección
indicadas para disminuir los
efectos en salud por la
exposición a radiación UV de
origen solar.

***Fuente:** Elaboración propia

7.3. Consideraciones éticas para el trabajo

El Código Internacional de Ética para los Profesionales de la Salud Ocupacional enuncia que el principal objetivo del ejercicio de la salud en el trabajo es preservar y promover la salud de los trabajadores, promover un medio ambiente de trabajo sano y seguro, proteger la capacidad laboral de los trabajadores y su acceso al empleo.(65)

El desarrollo de este proyecto de grado busca la protección de la vida y la salud de los trabajadores mediante el diseño de un sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociados a la Radiación Ultravioleta de origen solar y sus efectos en salud.

El tipo de estudio es de carácter descriptivo, en el que se caracterizará la población sin que ello implique la modificación en las variables biológicas, fisiológicas, psicológicas o sociales de los individuos que vayan a participar en el estudio, razón por la cual la investigación no acarreará riesgos.

De acuerdo con la Resolución 8430 de 1993(66) del Ministerio de Salud, donde se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud, este trabajo no requiere consentimiento informado al no realizar investigación en humanos, por lo tanto, no requiere trámite ante el Comité de Ética en Investigación.

Propiedad intelectual

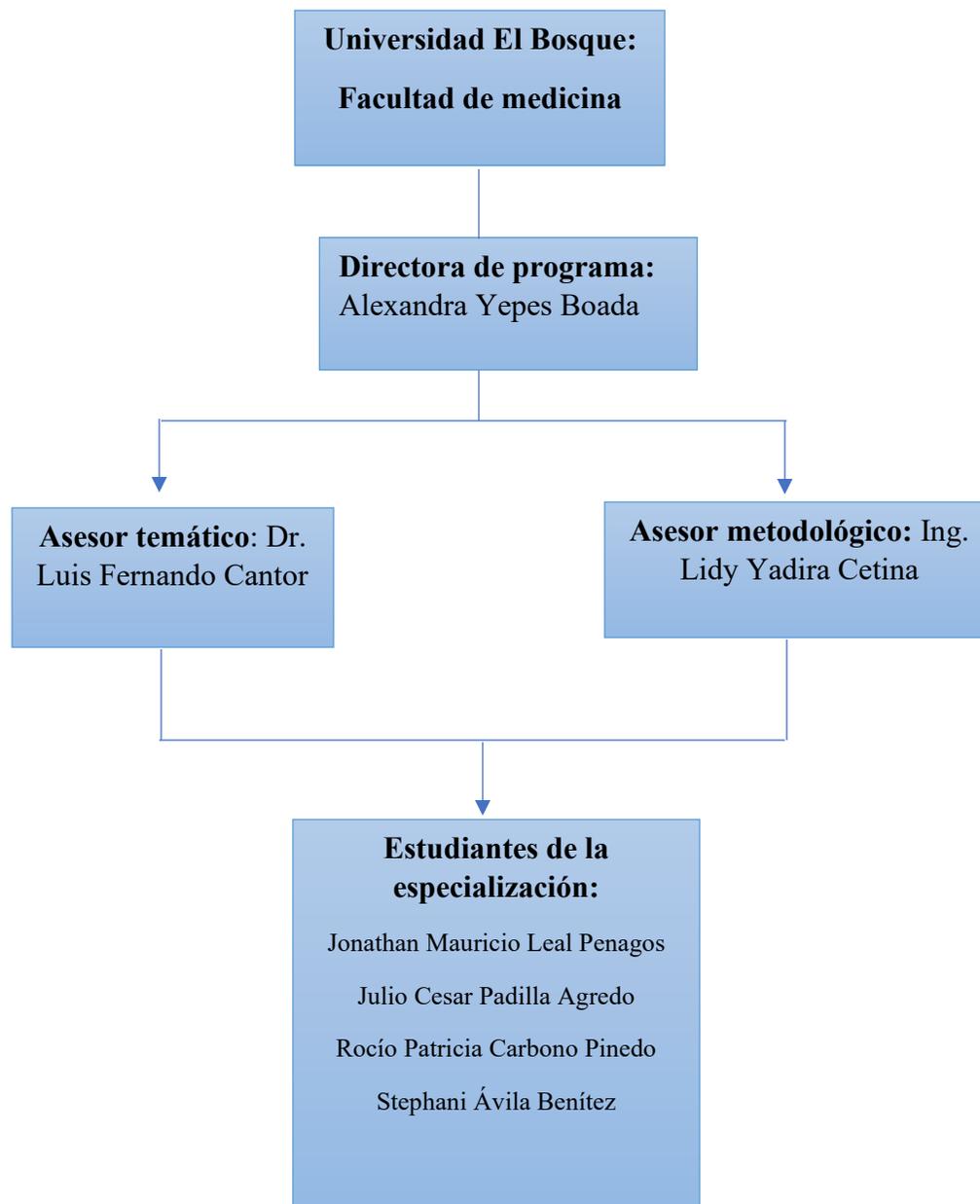
Según con establecido en la Ley 23 de 1982(67) y en la Ley 44 de 1993(68), se consideran como autores a las personas que participan en la creación de esta obra académica, por lo que tendrán todos los derechos morales sobre la misma, en este caso los estudiantes y el director

Diseño de un sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociados a la radiación ultravioleta de origen solar en la población del Ejército Nacional de Colombia y sus efectos en salud.

Stephani Ávila Benítez
Rocío Patricia Carbone Pinedo
Jonathan Mauricio Leal Penagos
Julio Cesar Padilla Agredo

técnico y metodológico, también la Universidad poseerá los derechos patrimoniales sobre las obras creadas por la comunidad universitaria en el desarrollo de la relación investigación, docencia y servicio.

7.4. Organigrama



Diseño de un sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociados a la radiación ultravioleta de origen solar en la población del Ejército Nacional de Colombia y sus efectos en salud.

Stephani Ávila Benítez
 Rocío Patricia Carbono Pinedo
 Jonathan Mauricio Leal Penagos
 Julio Cesar Padilla Agredo

7.5. Cronograma

Tabla 8. Cronograma de actividades tesis

No.	Actividades	Responsable	Semanas																																		
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	
			Octubre				Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero				Marzo				Abril				Mayo				Junio		
Planeación																																					
1	Elaboración de protocolo: •Problema de Estudio •Justificación •Marco teórico •Definición de Objetivos •Metodología •Plan de análisis •Cronograma •Presupuesto	Grupo de Investigación	■	■	■	■																															
2	Presentación y Aprobación de Protocolo	Grupo de Investigación							■																												
Objetivo No. 01																																					
3	Identificar los factores de riesgo asociados a la exposición a luz ultravioleta	Grupo de Investigación																																			
Objetivo No. 02																																					
4	Identificar cuáles son las áreas geográficas de exposición en Colombia en donde se puede presentar mayor riesgo de exposición a radiación ultravioleta en la población del Ejército Nacional de Colombia.	Grupo de Investigación																																			
Objetivo No. 03																																					
5	Diseñar un protocolo de evaluación de la condición de salud de la población expuesta a radiación ultravioleta.	Grupo de Investigación																																			
Objetivo No. 04																																					
6	Proponer un sistema de recolección y análisis de información relacionada con la exposición a radiación UV solar y los efectos en salud que permita generar indicadores para la toma de medidas de intervención	Grupo de Investigación																																			
Objetivo No. 05																																					

Diseño de un sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociados a la radiación ultravioleta de origen solar en la población del Ejército Nacional de Colombia y sus efectos en salud.

Stephani Ávila Benítez
Rocío Patricia Carbone Pinedo
Jonathan Mauricio Leal Penagos
Julio Cesar Padilla Agredo

7.6. Presupuesto

Tabla 9. Presupuesto de la tesis

ITEM	RUBRO	DESCRIPCION DEL ITEM	COSTO (\$)	TIEMPO (Hrs)	CANT	PLANEADO	EJECUTADO	
1	RECURSO HUMANO	Asesora metodológica Ing. Lidy Yadira Cetina	NA	3	1	60	54	
		Dr. Jonathan Mauricio Leal Penagos- Estudiante de la especialización	NA	16	1	320	320	
		Dr. Julio Cesar Padilla Agredo- Estudiante de la especialización	NA	16	1	320	320	
		Dra. Rocío Patricia Carbone Pinedo- Estudiante de la especialización	NA	16	1	320	320	
		Dra. Stephani Ávila Benítez- Estudiante de la especialización	NA	16	1	320	320	
2	RECURSOS TECOLOGICOS	Equipos de computo	NA	20	4	1600	1600	
		Impresoras	NA	2	1	40	40	
3	RECURSOS FISICOS	Bases de datos de las revistas indexadas- Science Direct, PubMed	NA	8	2	320	320	
		Biblioteca- Asesoría Tesis	NA	8	1	160	160	
		Libros físicos y magnéticos						
		Impresiones	\$ 200,00	NA	300	\$ 60.000,00	\$ 40.000,00	
		Internet	\$ 75.000,00	NA	4	\$ 300.000,00	\$ 225.000,00	
		Energía	\$ 56.320,00	NA	4	\$ 225.280,00	\$ 225.280,00	
		Imprevistos	\$ 100.000,00		1	\$ 100.000,00	\$ 100.000,00	

*El consumo de energía por cada computador portátil por el mes está estipulado 70 kWh.

***Fuente:** Elaboración propia

Diseño de un sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociados a la radiación ultravioleta de origen solar en la población del Ejército Nacional de Colombia y sus efectos en salud.

Stephani Ávila Benítez
Rocío Patricia Carbone Pinedo
Jonathan Mauricio Leal Penagos
Julio Cesar Padilla Agredo

Tabla 10. *Resumen del presupuesto planeado vs ejecutado*

ACTIVIDADES	TOTAL, HORAS	TOTAL, DINERO
PLANEADO	3460	\$ 685.280,00
EJECUTADO	3454	\$ 590.280,00
PORCENTAJE	99,83%	86,14%
PORCENTAJE TOTAL	92,98%	

***Fuente:** Elaboración propia

8. Resultados

8.1. Factores de riesgo asociados con la exposición RUV solar

Para dar cumplimiento al primer objetivo que consiste en la identificación de los factores de riesgo asociados a la exposición a radiación ultravioleta de origen solar, se realizó una búsqueda en bases de datos y fuentes de consultas especializadas sobre factores de riesgo y radiación solar. Gran parte del recurso bibliográfico utilizado para la construcción del marco teórico del presente trabajo sirvió también para identificar estos riesgos en la población militar del Ejército Nacional; de entre estas fuentes cabe destacar el libro de los TLVs and BEIs (Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents & Biological Exposure Indices) de la ACGIH (American Conference of Government Hygienists)(69), la página de internet de la American Cancer Society de los Estados Unidos y el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) de Colombia. (70)

La presentación de los hallazgos encontrados en la literatura científica mediante la elaboración de una matriz (Anexo a. Matriz factores de riesgo Asociado con la Exposición a RUV) surge como producto de la necesidad de exponer de manera fácil la información encontrada, de tal manera que genere en quien la aborde una comprensión sucinta del presente tema de investigación. Ésta matriz donde se caracterizó y explicó cada uno de los factores de riesgo asociados encontrados para este tipo de peligro, relacionados a su vez con la población militar del Ejército Nacional, se agruparon en aquellos relacionados con la misma radiación solar, el tiempo de exposición, el ambiente, el individuo, la organización del trabajo militar y a sus circunstancias de exposición.

La matriz consta de tres columnas denominadas en orden de presentación de izquierda a derecha como: factor de riesgo, variable y descripción. La bibliografía para la elaboración de ésta se encuentra debidamente referenciada al final de la matriz.

En la primera columna se registra lo que a grandes rasgos son los más importantes factores de riesgo involucrados con efectos en la salud humana como consecuencia de la exposición a la radiación ultravioleta proveniente del sol en el ámbito militar; estos factores son: la radiación solar, el tiempo de exposición, la organización del trabajo dentro del Ejército Nacional, el medioambiente, el individuo y la profesión militar.

En la segunda columna se registran las variables que son objeto de revisar y que pertenecen, se asocian o amplían la información del factor de riesgo como son por ejemplo los rayos UV-A, UV-B, el índice UV y los límites de exposición (para el caso de radiación solar), el tiempo máximo de exposición y la dosis eritematosa mínima (para el caso de tiempo de exposición), descripción de la actividad militar según corresponda a unidad militar en patio o en área de combate (para el caso de organización del trabajo), hora del día, época del año, latitud, altitud, nubosidad, aerosoles, ozono y albedo (para el caso del ambiente), comportamiento de protección solar, tipo de piel, color de ojos, color de cabello sexo y antecedentes personales (para el caso del individuo), lugar de traslado del personal militar, zona de realización de operaciones militares y uso de elementos de protección personal (para el caso de la profesión militar).

En la tercera columna se registra la descripción o contenido teórico de cada variable que fue agrupada en cada factor de riesgo.

De la información obtenida se logró establecer que el tipo de radiación ultravioleta C (UV-C) proveniente del sol, si bien es más energética que las otras dos (UV-A y UV-B), sus rayos

no representan un peligro para el ser humano, toda vez que por las características de la atmósfera terrestre sus rayos no penetran o inciden sobre la superficie de la tierra, pues son absorbidos totalmente en la estratosfera.

Se pudo también determinar que la intensidad de la radiación y por ende su poder de afección sobre la salud humana varía de acuerdo a diversos factores ambientales y no es el mismo en todo el globo terráqueo al mismo tiempo; por ejemplo las zonas intertropicales difieren con respecto a las que están por fuera de estos límites al norte o al sur, pues cuando en el solsticio de diciembre (invierno para el hemisferio norte) la radiación es baja debido a la ubicación del sol en el trópico de capricornio que hace que se reduzca la perpendicularidad de los rayos solares, en la región intertropical es más intensa debido al perihelio (momento en que la tierra está más cerca del sol), a la baja presencia de ozono per se que de por sí hay, y a la baja producción que del mismo hay para esta época del año. A mitad de año para los meses de junio a septiembre ocurre el efecto contrario; en las zonas fuera del trópico cuando se está a finales de primavera y principios de verano la intensidad de la radiación es más intensa como consecuencia de la ubicación del sol en el trópico de cáncer que hace que se aumente la perpendicularidad de los rayos del sol, mientras que en la región intertropical la intensidad disminuye como consecuencia del afelio (momento en que la tierra está más lejos del sol) y el aumento en la producción de ozono estratosférico.

La zona intertropical está ubicada entre el trópico de cáncer en el hemisferio norte y el trópico de capricornio en el hemisferio sur. Es una zona en la que sus regiones como bien describió Humboldt, tienen una duración del día y de la noche muy similar a lo largo del año, por lo que no se tiene en general días con mayores horas de luz que impliquen un aumento en el tiempo de exposición por esta causa a los rayos UV provenientes del sol. Esta cualidad

latitudinal y geoespacial hacen que también no solo las horas día - noche sean muy parecidas, si no también que el nivel de intensidad de la radiación extrapolada como índice UV no tenga mayores variaciones; es así como se encontró y para el caso en concreto de la presente investigación, que en gran parte del territorio colombiano el índice UV se encuentra entre 7 a 9 (entre categoría de exposición alta a muy alta), y que valores superiores se atribuyen a variables como la altitud, el ozono o la nubosidad entre otros; prueba de ello es el promedio similar de los valores IUV encontrados (entre 7 a 9) en zonas al norte como San Andrés y la Guajira vs Amazonas, Putumayo y Nariño que están más cerca del ecuador.

Ahora, sabemos que hay factores que modifican la intensidad de la radiación que llega a la superficie terrestre y de estos ya se ha hablado en apartes anteriores de este trabajo de grado; sin embargo un mismo nivel de radiación UV no produce el mismo efecto en todas las personas que están expuestas, pues hay condiciones intrínsecas de cada individuo que los hacen propensos a sentir los efectos en menor o mayor medida; aquí entran a jugar variables genéticas que condicionan fenotipos protectores o atenuantes o por el contrario fenotipos susceptibles a la radiación ultravioleta del sol. Uno de estos factores ampliamente estudiado frente a la exposición a radiación ultravioleta es el órgano de la piel, sus respuestas y efectos han permitido la construcción de tablas que con base en la intensidad de la radiación dado por el índice UV, el tipo de piel y la dosis eritematosa mínima MED (dosis de energía mínima a la que determinado tipo de piel con cierto índice UV produce lesión), se pueda calcular el tiempo de exposición máximo de la piel para evitar lesiones que presentadas de manera frecuente produzcan afecciones como el envejecimiento prematuro o tan graves como el cáncer de piel.

La tabla “Cálculo de la exposición en minutos en base al índice UV y la MED”, descrita en la hoja “Dosis eritematosa” del documento Anexo a. Matriz factores de riesgo Asociado con la Exposición a RUV, ubica dentro de un plano cartesiano sobre el eje X la dosis de energía mínima para producir una lesión eritematosa medido en MED y sobre el eje Y el índice UV, y en el cruce de la abscisa con su ordenada se encuentra el tiempo en minutos que la persona puede permanecer expuesto a los rayos UV del sol con determinado tipo de piel a los diferentes valores de índice UV.(71)

La clasificación de la piel (fototipo A, B, C, D) está dada con base en descripciones realizadas a partir del color de la piel de una persona en zonas no expuestas al sol y en la respuesta que frente a los rayos UV del sol desarrolla cuando se expone y se broncea. Una vez se ha establecido el fototipo de piel, según se describe en la tabla “Los fototipos de piel y las MED”, hoja “Dosis eritematosa” del documento Anexo a. Matriz factores de riesgo Asociado con la Exposición a RUV, relaciona la cantidad de energía mínima para producir un enrojecimiento en los diferentes tipos de piel. Es así como por ejemplo que una persona con un fototipo de piel B es capaz de tolerar de entre 3 a 5 MED, que traducido en tiempo de exposición dependiendo del índice UV puede oscilar desde entre 180 a 300 minutos cuando el IUV es 1 hasta de 9 a 15 minutos cuando el IUV es de 20; colocando este ejemplo en el contexto del territorio colombiano donde en promedio el IUV es de 7, esta persona podría estar expuesta un tiempo de entre 26 a 43 minutos. (71)

El documento Anexo a. Matriz factores de riesgo Asociado con la Exposición a RUV, que da respuesta al objetivo No. 1 plasma entonces de manera resumida las generalidades de la radiación solar, incluido rayos UV-A, UVB e Índice UV; este último corresponde a la medida de la intensidad de la radiación UV solar en la superficie terrestre. Se expresa como un valor

Diseño de un sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociados a la radiación ultravioleta de origen solar en la población del Ejército Nacional de Colombia y sus efectos en salud.

Stephani Ávila Benítez
Rocío Patricia Carbone Pinedo
Jonathan Mauricio Leal Penagos
Julio Cesar Padilla Agredo

superior a cero y, cuanto más alto sea, mayor es la probabilidad de que aparezcan lesiones cutáneas oculares, y es uno de los factores determinantes para evaluar el nivel de riesgo de exposición a radiaciones solares de la población objetivo. Igualmente se contempla como variables: el tiempo de exposición, las actividades realizadas por el Ejército Nacional (Unidades en patio y Unidades en área de combate), condiciones ambientales y factores asociados a la persona. El conjunto de estas variables nos permite identificar y valorar el nivel de riesgo al que se encuentra expuesto el Ejército Nacional de Colombia.

8.2. Exposición a radiación UV de origen solar de la población militar

Para dar cumplimiento al objetivo No. 2 se realizó la construcción de documento Anexo d. Matriz Sistema de Información Geográfica (SIG), que está compuesto por cuatro hojas: Exposición Personal, Nivel de Riesgo, Determinación Factor Riesgo y Medidas de Intervención.

Continuando con el desarrollo de los objetivos planteados, para el objetivo No 2. se realizó una identificación de las áreas de Colombia, teniendo en cuenta la división política por departamentos, debido a que la población militar tiene presencia en todos los departamentos del país, lo que facilita la identificación general a la exposición de radiación ultravioleta (UV) de origen solar de la población objetivo. Se tomó entonces para el estudio los 32 departamentos de Colombia.

Para la consecución de la información de personal del Ejército Nacional en cada departamento se realizó búsqueda en la fuente directa, el Ejército Nacional, donde se logró información de la población aproximada de trabajadores, obteniendo los datos que se describen en la Tabla 12.

Tabla 11. Población militar por departamento

Departamento	Población Militar (valores aproximados)	Expuesta (%)
Amazonas	1.756	1%
Antioquia	10.880	5%
Arauca	13.528	6%
Atlántico	1.951	1%
Bolívar	2.320	1%
Boyacá	7.710	3%
Caldas	2.720	1%
Caquetá	17.689	8%
Casanare	3.892	2%
Cauca	10.670	5%
Cesar	5.489	2%
Chocó	7.076	3%
Córdoba	6.711	3%
Cundinamarca	9.540	4%
Guainía	942	0%
Guajira	8.140	3%
Guaviare	5.913	3%
Huila	6.530	3%
Magdalena	3.266	1%
Meta	14.434	6%
Nariño	13.220	6%
Norte de Santander	14.266	6%
Putumayo	8.217	3%
Quindío	4.230	2%
Risaralda	3.315	1%
San Andrés y Providencia	60	0%
Santander	12.350	5%
Sucre	7.535	3%
Tolima	13.000	6%
Valle del Cauca	7.423	3%
Vaupés	1.721	1%
Vichada	9.182	4%
Total	235.676	100%

Fuente: Elaboración propia

Como se puede observar en la Tabla 12, la población objetivo se encuentra distribuida por todo el territorio nacional, con mayor concentración en los departamentos de: Arauca, Meta, Nariño y Norte de Santander con 6% y Caquetá 8%, sin embargo, la variación con relación a los demás departamentos es muy baja. Lo que nos llevó a identificar el nivel de exposición a radiación UV solar en el territorio nacional, analizando la población militar expuesta.

Por otro lado también se logró evidenciar información relacionada con el índice UV y la radiación solar mediante fuentes secundarias de entidades oficiales como lo son la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Asociación Nacional de Industriales (ANDI) y otras fuentes como las del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), de cada ciudad capital por departamentos para poder determinar cuáles son los departamentos que pueden presentar un mayor riesgo de exposición a radiación UV de tipo solar, como se muestra en la Tabla No. 13, que describe la categoría de exposición, detallando por colores si corresponde a bajo, moderada, alta, muy alta y extremadamente alta, para el índice ultravioleta (UVI) y además para cada uno de estos rangos describe la protección recomendada.

Tabla 12. *Categoría de exposición y recomendaciones para protección*

Categoría de Exposición			Protección Recomendada
Grado	UVI	w/m2**	
Baja	<2	<0,075	No necesita protección. Puede permanecer en el exterior sin riesgo
Moderada	3 a 5	0,075 a 0,138	Evite permanecer tiempos prolongados (más de 30 minutos) expuesto a los rayos solares.
Alta	6 a 7	0,139 a 0,187	Necesita protección: manténgase a la sombra entre las 10 a. m. y las 2 p. m.; use camisa, sombrero, crema de protección solar y gafas con filtro solar UV-B y UV-A
Muy Alta	8 a 10	0,188 a 0,262	Necesita protección extra: Evite salir entre las 10 a. m. y las 2 p. m.; busque la sombra; son imprescindibles camisa de manga larga, sombrero, crema de protección solar y use gafas con filtro solar UV-B y UV-A
Extremadamente Alta	≥ 11	$>0,262$	Necesita protección extra: Evite permanecer más de diez minutos a los rayos solares y salir entre las 10 a. m. y las 2 p. m.; busque la sombra; son imprescindibles camisa de manga larga, sombrero, crema de protección solar y use gafas con filtro solar UV-B y UV-A.

***Fuente:** Elaboración propia

Con la información anteriormente relacionada se logró identificar la población expuesta a cada categoría de exposición. En la Tabla No 14, se describe para cada uno de los 32 departamentos de Colombia, la capital, y para esta: la georreferenciación (latitud, longitud y

Diseño de un sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociados a la radiación ultravioleta de origen solar en la población del Ejército Nacional de Colombia y sus efectos en salud.

Stephani Ávila Benítez
Rocío Patricia Carbone Pinedo
Jonathan Mauricio Leal Penagos
Julio Cesar Padilla Agredo

metros sobre el nivel del mar), promedio anual Wh/m², radiación UV solar, población militar expuesta y categoría de exposición determinada por la Organización Mundial de la Salud.

Tabla 13. Promedios mensuales de la radiación global acumulada diaria en las principales ciudades del país

PROMEDIOS MENSUALES DE LA IRRADIACIÓN GLOBAL ACUMULADA DIARIA RECIBIDA EN SUPERFICIE EN LAS PRINCIPALES CIUDADES DEL PAÍS (Wh/m ²) POR DÍA)									
Departamento	Ciudad	Latitud	Longitud	Elevación (m.s.n.m)	Promedio Anual* Wh/m ²	UV Capitales **	Población Militar Expuesta ***	Categoría Exposición	de
Amazonas	Leticia	-4,19	-69,94	84	4295,2	7	1.756	Alta	
Antioquia	Medellín	6,33	-75,55	1440	4530,9	9	10.880	Muy Alta	
Arauca	Arauca	7,07	-70,74	128	4619,8	7	13.528	Alta	
Atlántico	Barranquilla	11,04	-74,82	8	5601,4	7	1.951	Alta	
Bolívar	Cartagena de Indias	10,45	-75,52	2	5552,5	7	2.320	Alta	
Boyacá	Tunja	5,54	-73,36	2690	4497,4	11	7.710	Extremadamente Alta	
Caldas	Manizales	5,09	-75,51	2211	3822	9	2.720	Muy Alta	
Caquetá	Florencia	1,5	-75,66	280	3631	7	17.689	Alta	
Casanare	Yopal	5,32	-72,39	325	4933,2	7	3.892	Alta	
Cauca	Popayán	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	9	10.670	Muy Alta	
Cesar	Valledupar	10,46	-73,25	184	5423,6	7	5.489	Alta	
Chocó	Quibdó	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	7	7.076	Alta	
Córdoba	Montería	8,81	-75,85	17	4247,1	7	6.711	Alta	
Cundinamarca	Bogotá	4,71	-74,15	2547	4037,7	11	9.540	Extremadamente Alta	
Guainía	Inírida	4,02	-67,67	90	4021,6	7	942	Alta	
Guajira	Riohacha	11,53	-72,92	4	5605,8	6	8.140	Alta	
Guaviare	San José del Guaviare	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	7	5.913	Alta	
Huila	Neiva	2,95	-75,29	439	4651,5	7	6.530	Alta	
Magdalena	Santa Marta	11,22	-74,19	7	5606,4	7	3.266	Alta	
Meta	Villavicencio	4,14	-73,63	444	4704,1	7	14.434	Alta	
Nariño	Pasto	1,16	-77,28	2820	3773,9	8	13.220	Muy Alta	
Norte de Santander	Cúcuta	7,9	-72,49	311	5301,6	7	14.266	Alta	
Putumayo	Mocoa	1,08	-76,67	760	3484,8	7	8.217	Alta	
Quindío	Armenia	4,53	-75,69	1485	4081	8	4.230	Muy Alta	
Risaralda	Pereira	4,82	-75,74	1342	4210,9	8	3.315	Muy Alta	
San Andrés y Providencia	San Andrés	12,54	-81,73	1	5313,1	7	60	Alta	
Santander	Bucaramanga	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	7	12.350	Alta	
Sucre	Sincelejo	9,32	-75,39	160	4396,9	7	7.535	Alta	
Tolima	Ibagué	4,42	-75,25	1323	4679,2	8	13.000	Muy Alta	
Valle del Cauca	Cali	3,38	-76,53	996	4521	9	7.423	Muy Alta	

Vaupés	Mitú	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	7	1.721	Alta
Vichada	Puerto Carreño	N.D.	N.D.	N.D.	N.D.	7	9.182	Alta

***Fuente:** Elaboración propia

Una vez consolidada la información de cantidad de trabajadores del Ejército Nacional en cada departamento y la categoría de exposición a radiación ultravioleta, se logró determinar el porcentaje de población expuesta a cada una de estas categorías, lo que arrojó como resultado la información plasmada en la Tabla No 15.

Tabla 14. *Porcentaje de Población del Ejército Nacional expuesta a radiación UV de origen solar*

Categoría Exposición	de Cantidad de Expuestos	% Ejército Nacional	Exposición
Baja	0	0%	
Moderada	0	0%	
Alta	152.968	65%	
Muy Alta	65.458	28%	
Extremadamente Alta	17.250	7%	

***Fuente:** Elaboración propia

Se puede observar en la tabla anterior (No. 15), que el 100% de la población del Ejército Nacional se encuentra expuesta a radiaciones por encima de 6, lo que, para la Organización Mundial de la Salud, corresponde a una categoría alta. Esta información lleva a identificar un factor de riesgo importante en la población estudio que se encuentra expuesta a radiación UV solar alta en un 65%, muy alta 28% y extremadamente alta 7%.

La información descrita desde la tabla 12 a la tabla 15 se encuentran en la hoja de nombre “Exposición Personal” del Anexo d. Matriz Sistema de Información Geográfica (SIG).

Determinación del Nivel de Riesgo, descrita en la hoja “Nivel de Riesgo” del Anexo d. Para determinar el nivel de riesgo al que está expuesto el personal del Ejército Nacional, se tuvieron en cuenta las siguientes variables, como factores determinantes para evitar que se

presenten casos de enfermedad laboral, ocasionada por la exposición a la radiación UV de origen solar:

- Tiempo de exposición
- Categoría de exposición
- Protección
- Antecedentes
- Fototipo de piel
- Sustancias foto sensibilizantes

Estos factores combinados nos permiten valorar el nivel de riesgo a exposición de radiaciones no ionizantes, para lo cual se debió generar una metodología semicuantitativa, con el fin de clasificar el riesgo en bajo, medio o alto, y con esta información poder determinar las medidas de intervención; se describe a continuación la valoración que se da a cada factor para valorar el riesgo, para facilidad de medición cada variable se califica de 1 a 3:

- a) *Tiempo de exposición*: se califica en 1 si es menor o igual a 4, en 2 si está el tiempo de exposición entre 4 y 8 horas y 3 si el tiempo de exposición es mayor o igual a 8 horas.
- b) *Categoría de exposición*: se califica en 1 si la categoría de exposición es baja y moderada, 2 si es alta y 3 si es muy alta y extremadamente alta.
- c) *Protección*: se califica 1 si el trabajador utiliza medidas de protección para la radiación UV solar y se califica 2 si no hace uso de estas.
- d) *Antecedentes*: se califica 1 si no ha tenido antecedentes, 2 si ha tenido antecedentes familiares y 3 si ha tenido antecedentes personales o si ha tenido tanto antecedentes personales como familiares.

e) *Fototipo de piel*: se califica 1 si el fototipo de piel es V y VI, 2 si el fototipo de piel es III y IV y 3 si el fototipo de piel es I y II.

f) *Sustancias foto sensibilizantes*: se califica 1 si no ha tenido dentro de sus funciones la necesidad de manipular sustancias químicas foto sensibilizantes y 3 si se ha requerido.

Los resultados de lo anterior se plasman en la Tabla No. 16

Tabla 15. Calificación nivel de riesgo de exposición radiación UV de origen solar

Nivel de Riesgo	Tiempo de Exposición			Categoría de Exposición					Protección		Antecedentes			Fototipo de Piel						Sustancias Foto sensibilizantes	
	<4	4-8	>8	Baja	Moderada	Alta	Muy Alta	Extremadamente Alta	Si	No	Ninguno	Familiares	Personales	I	II	III	IV	V	VI	Si	No
	1	2	3	1	1	2	3	3	1	3	1	2	3	3	3	2	2	1	1	3	1
Bajo	<6	1		1					1		1							1			1
Medio	7-14	2		1					1			2			2						3
Alto	>=15	2				2				3		2			3						3

*Fuente: Elaboración propia

Una vez identificado el nivel de riesgo, es necesario determinar para cada trabajador la valoración del riesgo por radiación UV solar al que está expuesto, de acuerdo con las variables descritas en la Tabla 16, para lo cual es necesario registrar en la hoja “Determinación Factor Riesgo” del Anexo d. Matriz Sistema de Información Geográfica (SIG), información básica de cada uno de los trabajadores del Ejército Nacional; esta información permite al responsable del programa de vigilancia de la exposición a radiación solar ultravioleta hacer seguimiento al estado de salud de los trabajadores, aplicar las medidas de intervención y determinar la periodicidad de exámenes médicos ocupacionales con énfasis en radiación UV de origen solar, con el fin de evitar que se genere en el personal casos de enfermedad laboral asociadas a dicho riesgo.

Diseño de un sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociados a la radiación ultravioleta de origen solar en la población del Ejército Nacional de Colombia y sus efectos en salud.

Stephani Ávila Benítez
Rocío Patricia Carbone Pinedo
Jonathan Mauricio Leal Penagos
Julio Cesar Padilla Agredo

La información registrada en la hoja “Determinación Factor Riesgo” del Anexo d. Matriz Sistema de Información Geográfica (SIG) no solo permite medir de manera individual el nivel de riesgo, sino que el análisis del conjunto de datos consignados en la misma facilita la toma de decisiones frente a movimientos de personal o realización de actividades con alto riesgo de exposición a la radiación UV de origen solar.

Finalmente, en el Anexo d, hoja “Medidas de Intervención”, se describen medidas de intervención propuestas según el nivel de riesgo al que está expuesto cada trabajador, como se muestra en la tabla 17.

Tabla 16. Medidas de intervención por nivel de riesgo

Nivel de Riesgo	Medidas de Intervención
Bajo <=6	Campañas de toma de conciencia sobre la importancia de hacer uso de protección solar Capacitación en medidas de protección solar Entrega de elementos de protección personal contra la exposición a radiación UV solar Seguimiento a síntomas con periodicidad anual
Medio 7- 14	Campañas de toma de conciencia sobre la importancia de hacer uso de protección solar Capacitación en medidas de protección solar Entrega de elementos de protección personal contra la exposición a radiación UV solar Control de la exposición durante tiempos prolongados (horas) Control sobre el uso adecuado de los EPP Seguimiento a síntomas con periodicidad semestral
Alto >= 15	Campañas de toma de conciencia sobre la importancia de hacer uso de protección solar Capacitación en medidas de protección solar Entrega de elementos de protección personal contra la exposición a radiación UV solar Uso de medidas de protección solar obligatoria de cuerpo, cabeza y ojos Control de la exposición durante tiempos prolongados (horas) Control sobre el uso adecuado de los EPP Seguimiento a síntomas con periodicidad trimestral Evaluación de reubicación del trabajador

***Fuente:** Elaboración propia

En el documento Anexo e. Protocolo Matriz SIG, se describe al detalle el diligenciamiento de la Matriz Sistema de Información Geográfica Personal Militar.

Siguiendo el cumplimiento del objetivo No. 2 y con el propósito de contar con una herramienta que permita identificar visual y espacialmente la información anteriormente relacionada, se realizó la construcción de un mapa interactivo, que de manera gráfica y sencilla permite ubicar fácilmente la radiación UV solar, la población del Ejército Nacional y recomendaciones generales, según el índice de radiación ultravioleta (UVI), para cada departamento. La forma como se construye al mapa interactivo se encuentra descrito en el documento Anexo g. Instructivo construcción mapa interactivo.

La creación del mapa interactivo como programa geoespacial para ubicación de los departamentos de Colombia, según su división política, se realizó haciendo uso de la aplicación Google Earth, el programa puede ser descargado gratuitamente, y facilita la creación e interacción con la información disponible dentro de él. Dentro del programa se puede ubicar el Mapa de Colombia, dividido en sus 32 departamentos y ubicación de las capitales de cada uno de ellos.

La información utilizada para la construcción del mapa en el programa Google Earth se encuentra descrita en la Tabla No. 14, de donde se tomó principalmente:

- ✓ Departamento
- ✓ Capital
- ✓ Categoría de exposición UV
- ✓ Población militar en cada departamento
- ✓ Índice UV por capital

En el siguiente esquema (Tabla 18) se describe la construcción del mapa interactivo donde se plasma gráficamente y por colores la categoría de exposición UV, el número de personas expuestas y la exposición más alta según los datos consultados.

Tabla 17. Esquema resumen del procedimiento de realización del mapa.

<p>Los datos son ingresados a Google Earth, haciendo uso de la aplicación, donde se ingresan los siguientes datos:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Categoría de exposición solar de cada departamento (tomado del índice UV de la Capital). 2. Población Militar aproximada en cada Departamento 3. Índice UV de la capital de cada departamento. 	<p>Se realiza procesamiento de los datos en la aplicación Google Earth siguiendo la secuencia:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ubicación del país (Colombia) 2. Ubicación de posición agregando marca y haciendo uso de la herramienta polígonos 3. Se registra la información descrita en entrada 	<p>Se identifica cada departamento según la categoría de exposición:</p> <p>Alto: naranja</p> <p>Muy alto: rojo</p> <p>Extremadamente alto: Morado</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Para señalar la población militar se hace uso de un icono (militar verde) 2. Para señalar el índice UV se hace uso del icono del sol
ENTRADA	PROCESO	SALIDAS

***Fuente:** Elaboración Propia

La aplicación de los pasos descritos en la tabla 18 permitió la construcción del mapa interactivo, descrito en el Imagen No. 6, y en el que se puede observar de manera didáctica para cada uno de los departamentos de Colombia, como se encuentra la población objetivo-expuesta a la categoría de exposición solar UV, que como se puede observar corresponde al 100% de la población, la exposición a rangos de alto, muy alto y extremadamente alto.

En la imagen No. 6 se puede observar el mapa de exposición solar UV del Ejército Nacional de Colombia, delimitado por departamento y haciendo uso de la colorimetría acorde a la categoría de exposición, en cada uno de los departamentos se encuentra la siguiente información:

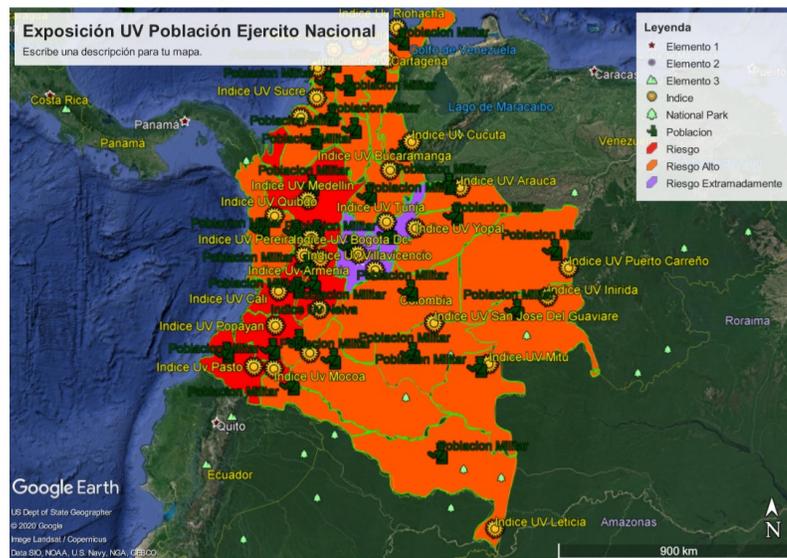
- Ciudad capital

Diseño de un sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociados a la radiación ultravioleta de origen solar en la población del Ejército Nacional de Colombia y sus efectos en salud.

Stephani Ávila Benítez
Rocío Patricia Carbono Pinedo
Jonathan Mauricio Leal Penagos
Julio Cesar Padilla Agredo

- Población expuesta, representada con icono militar verde, y que al ser señalado en el mapa arroja el valor de la población.
- Índice de radiación UV solar, representada con icono de sol amarillo, y que al ser señalado en el mapa arroja el valor (entre 1 y 11) del índice de radiación UV solar registrado para la capital del departamento.

Imagen 6. Mapa de exposición a radiación UV derivada del sol en la población del Ejército Nacional de Colombia



***Fuente:** Elaboración propia

8.3. Evaluación de la condición de salud de la población expuesta

Para el desarrollo del objetivo número tres, se creó un instrumento de registro de examen médico ocupacional con énfasis en radiación UV de origen solar, que permita a través de observación, entrevista y examen físico, recolectar información del trabajador con el fin de determinar acciones a seguir de acuerdo con variables como: edad, antecedentes, tiempo laboral en el Ejército Nacional, tiempo de exposición, hábitos, entre otros; que facilite la

identificación del nivel del riesgo y por tanto las medidas de intervención adecuadas para evitar enfermedades laborales asociados a la exposición a radiación UV de origen solar.

Fue así como se llegó a la construcción del Formato de Historia Clínica (Anexo b. Historia clínica Ocupacional). La primera hoja del Anexo b “Consentimiento Informado”, es un documento que debe ser leído por el trabajador, y explicado por el profesional de salud, garantizando que el trabajador conozca las actividades que se llevaran a cabo durante el examen médico ocupacional, comprenda la información que se ha dado acerca del mismo, los beneficios, riesgos, tratamiento de la información, sus derechos y sus responsabilidades. Por lo tanto, antes del inicio del examen médico ocupacional se debe firmar como constancia que el trabajador entiende y acepta la realización del examen.

Una vez firmado el consentimiento informado se procede a diligenciar la hoja “Historia Clínica” del Anexo b. Historia clínica Ocupacional, el cual se divide en XVII secciones, así:

- I. Datos del trabajador
- II. Historia de servicio en el Ejército Nacional de Colombia: permite identificar el tiempo de trabajo en el Ejército Nacional
- III. Cargo actual: permite identificar la actual exposición a radiación solar con las actividades que desarrolla.
- IV. Motivo de la consulta
- V. Fototipo de piel: debido a que el fototipo de piel en la descripción muestra pequeñas variaciones, se cuenta también con una imagen para facilidad del profesional de salud.
- VI. Elementos de protección personal para la radiación: describe los elementos de protección utilizados que ayuden a prevenir el riesgo por exposición a

radiaciones ionizantes, así como el detalle de información lo que facilita posteriormente la clasificación del riesgo.

- VII. Antecedentes personales: relacionados con enfermedades asociadas a la piel.
- VIII. Antecedentes familiares: relacionados con enfermedades asociadas a la piel.
- IX. Antecedentes de exposición al factor o agente de riesgo asociado: permite identificar exposición a radiación ultravioleta de origen solar durante el ejercicio de la labor que desempeña.
- X. Exposición a sustancias foto sensibilizantes: permite que el profesional de la salud identifique las sustancias químicas a las que pudo estar expuesto el trabajador como parte de sus funciones, y que afecta la piel, y por lo tanto aumenta el nivel de riesgo a la exposición a radiación ultravioleta de origen solar.
- XI. Actividades extralaborales: busca identificar si en las actividades extralaborales, el trabajador se expone a radiación ultravioleta de origen solar.
- XII. Revisión por sistemas: permite identificar posibles síntomas asociados a dos principales consecuencias por la exposición a radiación ultravioleta de origen solar.
- XIII. Examen físico: permite identificar las condiciones físicas del trabajador e identificar gráficamente señales de afectación en la piel.
- XIV. Diagnóstico: el diagnóstico es dado por el medico en consulta, en caso tal que se evidencie algún tipo de lesión en la piel o se identifique en el examen alguna anomalía que se deba resaltar.

- XV. Plan a seguir: es el paso a seguir una vez dado el diagnóstico, en caso tal que se requiera de remisión con un médico especialista en dermatología o especialidad que se necesite para poder fortalecer el examen realizado.
- XVI. Concepto medico: la determinación medica dada en consulta, recomendaciones médicas para poder mejorar el estado de salud del paciente.
- XVII. Observaciones medicas adicionales: observaciones adicionales que considere el profesional de la salud necesarias para el análisis de posible enfermedad del trabajador por exposición a radiación ultravioleta de origen solar.

Para el diligenciamiento de la historia clínica se estructuró un instructivo que detalla paso a paso cómo registrar la información obtenida por el profesional de la salud (Anexo c. Protocolo Historia clínica).

Con el fin de analizar la información consignada en la historia clínica de una manera más adecuada y práctica, se construyó el documento Anexo i. Registro de información de Historia clínica, que a partir del análisis de información permite identificar el nivel de riesgo de cada trabajador.

La base de datos descrita en el Anexo i, fue diseñada con el objetivo de tener centralizada toda la información del personal militar, y de esta manera realizar un seguimiento eficaz, detallado y ordenado de la información consignada en la historia clínica, debido a que corresponde a un archivo estructurado en forma de base de datos, que facilita el análisis de la información de toda la población expuesta a radiación UV de origen solar; en este documento se encuentra información relacionada con los datos personales: (nombre, apellido, documento de identidad, cargo, fecha de nacimiento, edad, sexo y tipo de función); así como información relacionada con el cargo desempeñado (ubicación actual del trabajo,

datos del sitio del trabajo como lo son latitud, altitud, elevación), factores determinantes para medir el riesgo debido a la cantidad de horas a las que puede estar expuesto el trabajador a radiaciones UV de origen solar. Se incluye igualmente en esta matriz el uso de controles frente al riesgo, tales como: elementos de protección personal; datos de antecedentes personales, familiares y tipo de piel; que son los factores que se tomaron como claves para la evaluación de nivel de riesgo, y en general toda la información registrada en la historia clínica.

8.4. Sistema de recolección y análisis de información

Para dar cumplimiento al objetivo No. 4 se construyeron los indicadores de estructura, proceso y resultado, que se encuentran consolidados y descritos en el Anexo f. Indicadores de Gestión; para lograr los resultados esperados, se describen a continuación, actividades asociadas al sistema de vigilancia epidemiológico, consideradas como algunas medidas de apoyo de intervención, para la prevención de enfermedades laborales asociadas a la exposición de radiación ultravioleta de origen solar en la población del Ejército Nacional:

1. Realización del examen médico ocupacional por radiación UV solar
2. Consolidación de información en la matriz de sistema de información geográfica
3. Identificación de personal con nivel de riesgo medio y alto
4. Seguimiento médico y supervisión a los casos con nivel de riesgo medio
5. Seguimiento médico y supervisión a los casos con nivel de riesgo alto
6. Verificación del estado de los elementos de protección personal asociado a radiación UV de origen solar
7. Reposición de los elementos de protección personal en mal estado

Diseño de un sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociados a la radiación ultravioleta de origen solar en la población del Ejército Nacional de Colombia y sus efectos en salud.

Stephani Ávila Benítez
Rocío Patricia Carbone Pinedo
Jonathan Mauricio Leal Penagos
Julio Cesar Padilla Agredo

8. Capacitación sobre cuidado por exposición a radiación UV de origen solar
9. Campaña de sensibilización de los riesgos asociados a radiación UV de origen solar
10. Inspecciones aleatorias verificando el cuidado por exposición a radiación UV de origen solar

Durante todo el desarrollo del diseño de un sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociados a la radiación ultravioleta de origen solar en la población del Ejército Nacional de Colombia y sus efectos en salud, se ha recolectado una serie de información importante, necesaria y suficiente para tomar acciones y prevenir el riesgo en la población militar, es por esto que para cumplir con todo el ciclo de PHVA (Planear – Hacer – Verificar – Actuar) es necesario que estas medidas de control o de intervención sean evaluadas y se les realice un seguimiento mediante indicadores, estableciendo metas de cumplimiento y una periodicidad que logre la toma de decisiones acertadas y cumpla con los objetivos propuestos del sistema de vigilancia y concuerden con los objetivos del sistema de seguridad y salud en el trabajo, velar por la salud y la seguridad de los trabajadores, en este caso del personal del Ejército Nacional.

A continuación, se describen los indicadores que fueron creados para medir el desempeño del sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociado a la radiación ultravioleta de origen solar:

Tabla 18. *Indicadores de estructura del sistema de vigilancia epidemiológica*

INDICADORES DE ESTRUCTURA		INTERPRETACIÓN	META
PRESUPUESTO DEL PROGRAMA DE VIGILANCIA	(Recursos financieros ejecutados/ Recursos financieros presupuestados en el trimestre) * 100	El X% de los recursos programados fueron ejecutados en el periodo de tiempo	90%
COBERTURA EXAMENES MEDICOS OCUPACIONALES	(Número de trabajadores con examen ocupacional con énfasis en radiación UV de origen solar / Número de trabajadores programados en el mes) * 100	El X% de los trabajadores expuestos a radiaciones ultravioleta se les realizó el examen médico ocupacional con énfasis en radiación UV de origen solar	100%

Diseño de un sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociados a la radiación ultravioleta de origen solar en la población del Ejército Nacional de Colombia y sus efectos en salud.

Stephani Ávila Benítez
Rocío Patricia Carbone Pinedo
Jonathan Mauricio Leal Penagos
Julio Cesar Padilla Agredo

COBERTURA GEOGRÁFICA DEL PROGRAMA DE VIGILANCIA	(Número de SV de radiación UV de origen solar implementados anualmente / Número de centros de trabajo del Ejército Nacional de Colombia) * 100	Del total de centros de trabajo del Ejército Nacional de Colombia el X% cuenta con programa de vigilancia implementados	100%
PLAN DE CAPACITACIONES DE RADIACIÓN UV DE ORIGEN SOLAR	(Número de capacitaciones ejecutadas / Número de capacitaciones planificadas en el mes) *100	Del total de capacitaciones programadas fueron ejecutadas el X%	100%

***Fuente:** Elaboración Propia

Se construyeron en total cuatro indicadores de estructura, definidos como las medidas que deben establecerse para asegurar que se cuenta con la disponibilidad de recursos, políticas, procedimientos o sistemas, para atender las necesidades en seguridad y salud en el trabajo, y para el caso específico de estudio del sistema de vigilancia epidemiológico por radiación UV de origen solar. Estos indicadores fuerzan la creación de un plan de capacitación asociado al riesgo de radiación UV solar, la asignación de recursos económicos y la ejecución de estos, contar con sistema de vigilancia en los centros de trabajo con alta exposición a radiación UV de origen solar y realización de exámenes médicos ocupacionales. Todo lo anterior relacionado al nivel de riesgo de exposición a radiación UV de origen solar, detallado en la Tabla No. 17.

Los indicadores de proceso, que corresponden a medidas verificables del desarrollo e implementación del sistema de vigilancia epidemiológico, se estructuraron como se detalla en la Tabla No. 21., donde se describen para los indicadores: caracterización de la población del Ejército Nacional, que busca asegurar que del total de centros de trabajo del Ejército Nacional de Colombia, todos se encuentren caracterizados determinando el nivel de riesgo a la radiación UV de origen solar, de sus trabajadores; indicador de base de datos de historia clínica, con el que se pretende controlar que toda la información registrada en las historias clínicas sea registrada en la base de datos Anexo i. Registro de información de Historia

Diseño de un sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociados a la radiación ultravioleta de origen solar en la población del Ejército Nacional de Colombia y sus efectos en salud.

Stephani Ávila Benítez
Rocío Patricia Carbone Pinedo
Jonathan Mauricio Leal Penagos
Julio Cesar Padilla Agredo

clínica, de manera tal que se cuente con la información digitalizada para facilidad en el análisis de la misma.

El indicador tasa de cobertura por radiación UV de origen solar, pretende asegurar que el 100% de la población del Ejército Nacional cuenta con seguimiento por radiación UV de origen solar y por último el indicador de cronograma de actividades de programa de gestión, que busca que las actividades definidas en cada uno de los centros de trabajo del Ejército Nacional se ejecuten en mínimo un 90%

Tabla 19. Indicadores de proceso del sistema de vigilancia epidemiológica

INDICADORES DE PROCESO		INTERPRETACIÓN	META
CARACTERIZACIÓN DE LA POBLACIÓN DEL EJÉRCITO NACIONAL	(Número centros caracterizados anualmente / No. De centros de trabajo del Ejército Nacional) *100	Del total de centro de trabajo del Ejército Nacional de Colombia el X% se encuentran caracterizados para determinar el nivel de riesgo de los trabajadores	100%
BASE DE DATOS HISTORIA CLÍNICA	(Número de registros en las bases de datos / No. De exámenes médicos ocupacionales con énfasis en radiación UV de origen solar realizados en el mes) * 100	Del total de exámenes médicos ocupacionales realizados el X% se encuentran registrados en la base de datos Anexo i. Registro de información de Historia clínica	100%
TASA DE COBERTURA POR RADIACIÓN UV DE ORIGEN SOLAR	(Número de trabajadores con seguimiento por radiación UV de origen solar / Número de trabajadores programados en el mes) *100	Del total de trabajadores programados para realizar radiación por exposición ultravioleta, el X% se les realizó seguimiento	100%
CRONOGRAMA DE ACTIVIDADES DE PROGRAMA DE GESTIÓN	(Número de actividades del programa de gestión cumplidas / Número de actividades planificadas en el trimestre) *100	Del total de actividades planificadas, el X% fueron ejecutadas dentro del periodo	90%

***Fuente:** Elaboración Propia

Los indicadores de resultado permiten medir el desempeño de la gestión y la eficacia de las acciones determinadas dentro del sistema de vigilancia, con el fin de evaluar el impacto que estas han tenido en la prevención de enfermedades asociadas a la radiación UV de origen solar. En la tabla No. 22 se detallan los indicadores formulados: Incidencia de enfermedades laborales, prevalencia de enfermedades laborales, eficacia en la intervención de riesgos, cumplimiento programa de rehabilitación y monitoreo de enfermedades laborales (EL).

Tabla 20. *Indicadores de proceso del sistema de vigilancia epidemiológica.*

INDICADORES DE RESULTADO		FUENTE DE INFORMACIÓN	META
INDICADOR INCIDENCIA EL	(Número de casos confirmados nuevos de enfermedad por radiación UV de origen solar / Número total de trabajadores expuestos a UV en el mes) * 100	Por cada 100 trabajadores, se presentaron # nuevos casos de enfermedad laboral por exposición a radiación UV de origen solar	0%
INDICADOR PREVALENCIA EL	(Número de casos confirmados nuevos y antiguos de enfermedad por radiación UV de origen solar / Número total de trabajadores expuestos UV en el mes) * 100	Por cada 100 trabajadores, se presentaron # nuevos casos y antiguos de enfermedad laboral por exposición a radiación UV de origen solar	0%
EFICACIA INTERVENCIÓN DE RIESGOS	(Número de controles de intervención de riesgos ejecutados eficazmente en el mes/ # total de controles aplicados para la intervención de riesgos) * 100	X% de controles de intervención de riesgos ejecutados eficazmente en el periodo, respecto al número de controles de intervención aplicados	90%
CUMPLIMIENTO PROGRAMA DE REHABILITACIÓN	(No. de actividades de rehabilitación ejecutadas en el mes /No de actividades de rehabilitación propuestas) * 100	x% de actividades de rehabilitación ejecutadas en el periodo, respecto al número de actividades de rehabilitación propuestas	100%
MONITOREO EL	(No. de casos de EL con monitoreo y seguimiento en el mes / No. de casos de EL reportados) * 100	Del total de casos reportados de EL, el #% cuentan con monitoreo y seguimiento	100%

***Fuente:** Elaboración Propia

La medición y seguimiento de tendencias de estos indicadores permitirán al Ejército Nacional de Colombia medir la eficacia del programa de vigilancia epidemiológica y además generar acciones orientadas a la prevención de enfermedades por exposición a radiación ultravioleta de origen solar. Para que los indicadores arrojen los resultados esperados, se debe asegurar el cumplimiento y seguimiento a las actividades planeadas como medidas de prevención e intervención oportunas.

8.5. Recomendaciones para el control a la exposición a la radiación UV de origen solar

Para dar cumplimiento al quinto y último objetivo consistente en la elaboración de las recomendaciones para el control de la exposición a radiación ultravioleta de origen solar, se realizó una búsqueda en bases de datos y fuentes de consultas especializadas sobre recomendaciones de prevención y protección frente a los rayos UV del sol. Parte del recurso bibliográfico utilizado fue encontrado en la página de internet de la American Cancer Society

Diseño de un sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociados a la radiación ultravioleta de origen solar en la población del Ejército Nacional de Colombia y sus efectos en salud.

Stephani Ávila Benítez
Rocío Patricia Carbone Pinedo
Jonathan Mauricio Leal Penagos
Julio Cesar Padilla Agredo

de los Estados Unidos, la página de internet de la Asociación Chilena de Seguridad (ACHS)(72), la página del Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) de Colombia(73), el Manual para la prevención del cáncer de piel dirigido al entorno laboral creado por el Ministerio de Salud Colombiano en compañía del Hospital Universitario Centro Dermatológico Federico Lleras Acosta(51), la página del Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo con artículos que llevan por nombre “consejos para los empleadores sobre la seguridad del sol” y “datos breves de NIOSH: protección de la exposición al sol.”(74)

La presentación de las recomendaciones encontradas en la literatura científica mediante la elaboración del documento Anexo j. Matriz de recomendaciones para el control de la exposición a RV proveniente del sol, surge como producto de la necesidad de exponer de manera fácil la información encontrada, de tal manera que genere en quien la aborde una comprensión lacónica de las mismas. Para esta matriz se tuvo en cuenta la actividad militar que ejerce el Ejército Nacional por unidad de mando para caracterizar recomendaciones dirigidas a controlar la exposición a radiación ultravioleta en esta población.

La matriz (Anexo j. Matriz de recomendaciones para el control de la exposición a RV proveniente del sol) consta de seis columnas denominadas en orden de presentación de izquierda a derecha como: unidad, controles de eliminación, controles de sustitución, controles de ingeniería, controles administrativos y controles en el trabajador.

En la primera columna se registra la unidad militar a la que va dirigida directamente las recomendaciones. Tales recomendaciones se hicieron en función de lo encontrado en la literatura y teniendo en cuenta su actividad laboral, sus horarios y ciclos de trabajo. Esta

Diseño de un sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociados a la radiación ultravioleta de origen solar en la población del Ejército Nacional de Colombia y sus efectos en salud.

Stephani Ávila Benítez
Rocío Patricia Carbone Pinedo
Jonathan Mauricio Leal Penagos
Julio Cesar Padilla Agredo

columna se relaciona íntimamente con la matriz de los factores de riesgo asociado con la exposición a radiación ultravioleta de origen solar (Anexo a), donde en un primer momento se caracterizó y se describió a detalle las respectivas unidades que existen en el Ejército Nacional.

La segunda columna corresponde a los controles de eliminación, los cuales van dirigidos como bien su nombre lo indica a eliminar los peligros que resultan ser las fuentes directas o generadoras de daño, en este caso para la piel del trabajador perteneciente al Ejército Nacional de Colombia.

En la tercera columna se registran las recomendaciones destinadas a sustituir todos los elementos que se han identificado y que son ocasión de cambio o de reemplazo debido a su ineficacia para controlar la exposición a los rayos UV de origen solar.

La cuarta columna tiene por objeto el registro de toda aquella información que busca implementar medidas de protección colectivas y que así mismo implican una inversión económica para poderse desarrollar.

En la quinta columna, se describen una a una las recomendaciones de salud que desde el ámbito ocupacional administrativo van dirigidas a controlar la exposición, proporcionando así, instrucciones apropiadas para el empleador y los trabajadores.

Por último, la sexta columna tiene por objeto el registro de recomendaciones que tienen están relacionadas con proporcionar el equipo de protección individual adecuado, e instrucciones para la utilización y el mantenimiento de estos, por ejemplo: gafas de seguridad con filtro solar; sombreros de amplia cobertura, entre otros.

Todos estamos expuestos a los rayos solares y con ellos, a la radiación ultravioleta que causa daños en piel como eritema, hiperpigmentación, foto envejecimiento, inmunosupresión y carcinogénesis cutánea.(78)

El sol va generando con el paso de los años lo que los dermatólogos han denominado daño solar acumulado, este inicia en la infancia, pero se manifiesta en la vida adulta. Una exposición prolongada al sol puede dar lugar a un cáncer de piel. Por lo anterior, el cambio de hábitos y comportamientos frente a la exposición solar disminuiría el riesgo de desarrollar cáncer de piel.

La exposición a la radiación ultravioleta de origen solar puede ser de dos tipos en función de sus consecuencias, aquella que se produce cuando el sol es intenso causando quemaduras y aquella exposición de baja intensidad, que oscurece la piel y genera manchas. Las dos exposiciones se pueden presentar en el ambiente laboral y ambas están relacionadas con el desarrollo de enfermedades laborales tales como el cáncer de piel.

Aquellos que laboran al aire libre tienen mayor exposición solar y en consecuencia más posibilidad de desarrollar cáncer de piel, por lo tanto, es responsabilidad del empleador proveer de elementos de protección personal adecuados para disminuir la exposición a radiación ultravioleta proveniente del sol y es también responsabilidad del trabajador hacer uso de estos.

A continuación, se plasma en un diagrama de flujo (imagen 7) el paso a paso para la construcción del Diseño de un sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo

Diseño de un sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociados a la radiación ultravioleta de origen solar en la población del Ejército Nacional de Colombia y sus efectos en salud.

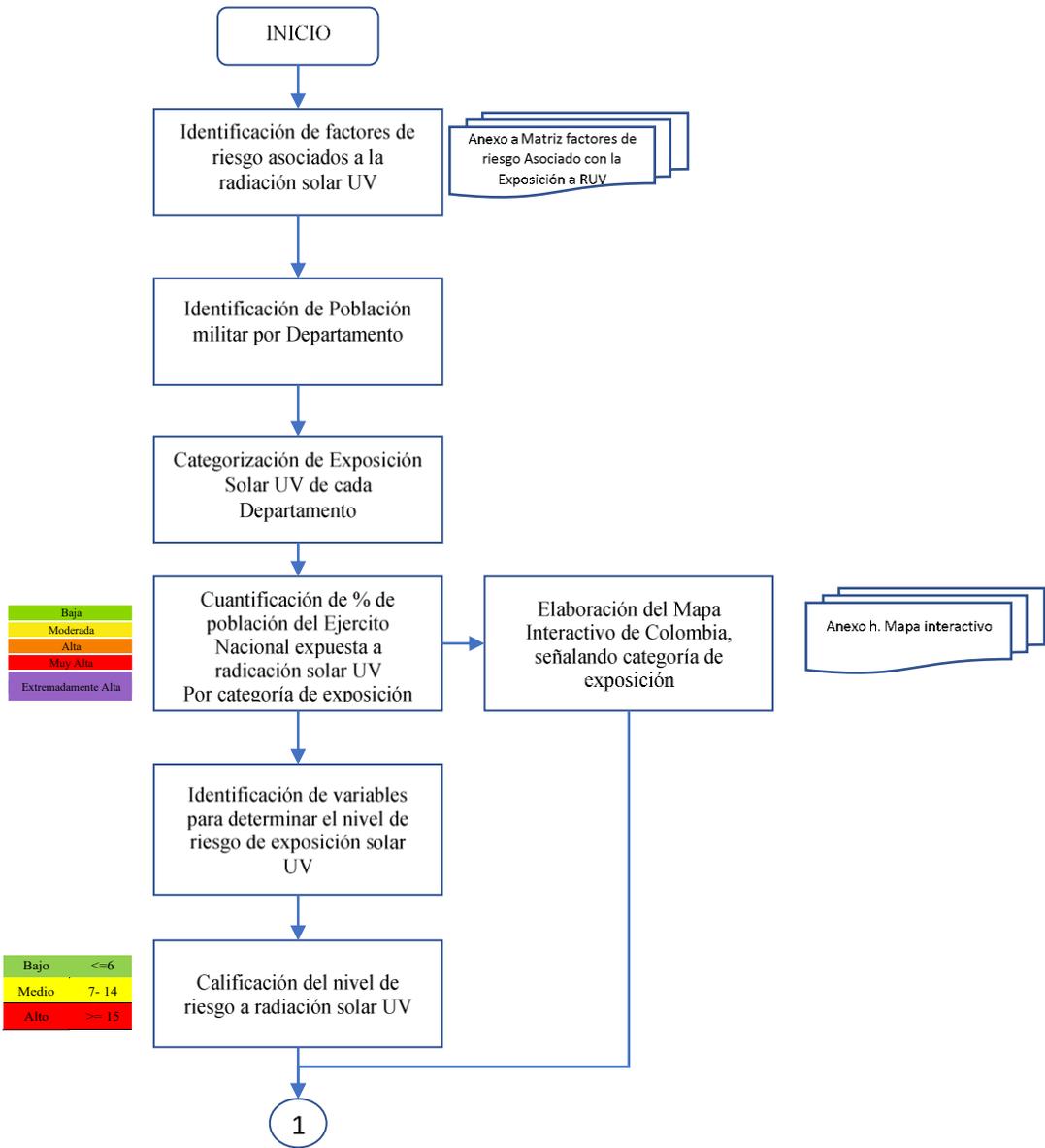
Stephani Ávila Benítez
Rocío Patricia Carbone Pinedo
Jonathan Mauricio Leal Penagos
Julio Cesar Padilla Agredo

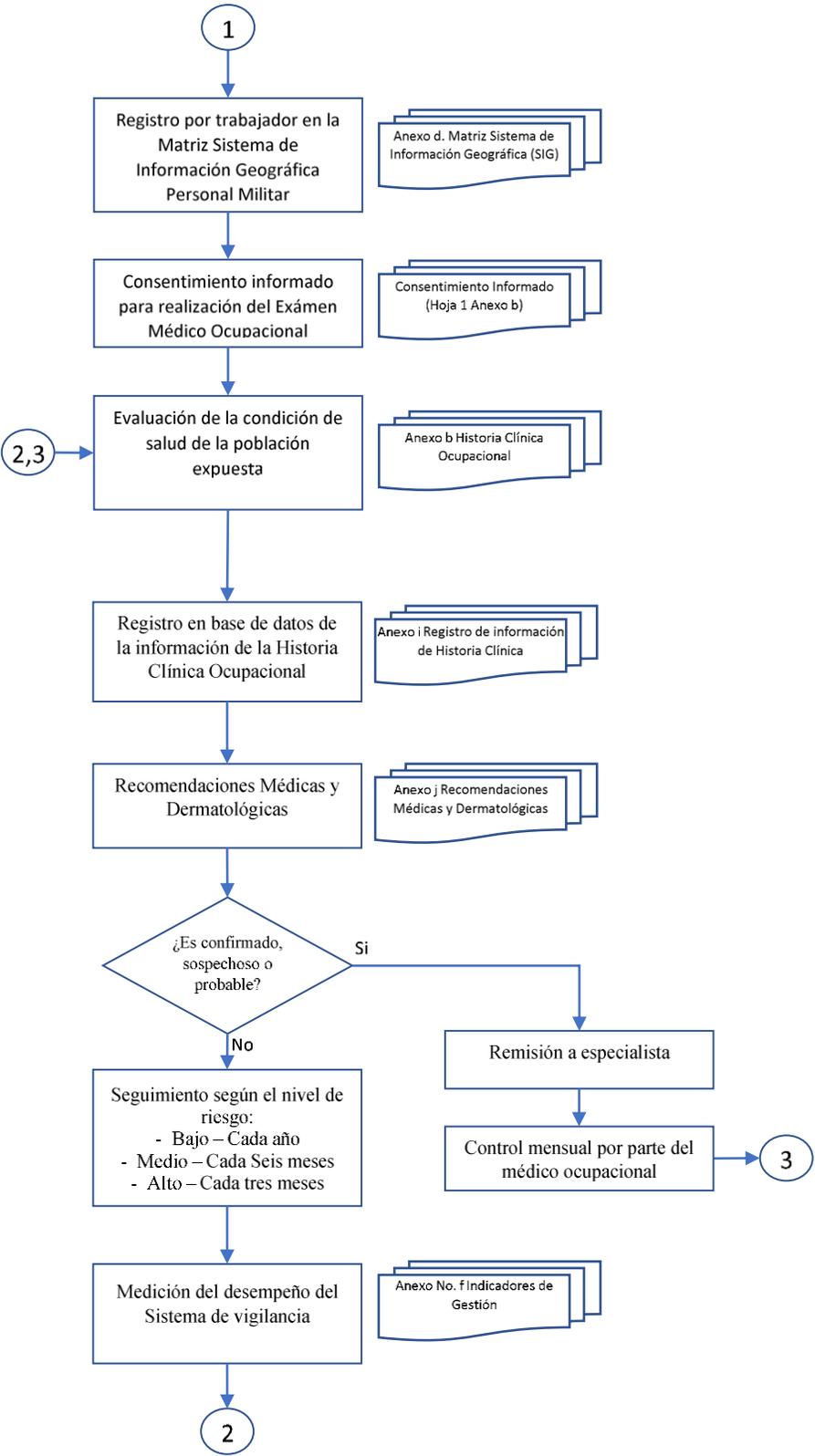
asociados a la radiación ultravioleta de origen solar en la población del Ejército Nacional de Colombia y sus efectos en salud:

Diseño de un sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociados a la radiación ultravioleta de origen solar en la población del Ejército Nacional de Colombia y sus efectos en salud.

Stephani Ávila Benítez
 Rocío Patricia Carbone Pinedo
 Jonathan Mauricio Leal Penagos
 Julio Cesar Padilla Agredo

Imagen 7. Diagrama de flujo





9. Discusión

El presente trabajo estuvo orientado al diseño de un sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo derivado de la exposición a radiación ultravioleta de tipo solar en el personal del Ejército Nacional, bajo la estructura de mejora continua, bajo el ciclo PHVA, basado en investigaciones, base de datos de diversas fuentes y normatividad aplicable.

De acuerdo con los resultados obtenidos los factores más relevantes para evaluar el riesgo a la exposición de radiación ultravioleta solar de la población del Ejército Nacional se deben a 6 grandes factores influyentes; la radiación solar, el tiempo de exposición, la organización del trabajo del Ejército Nacional, el medioambiente, el individuo y la profesión militar como tal. Con esta descripción de cada uno de los factores de riesgos se logra identificar y comparar según un estudio realizado en Europa por Simona y colaboradores (75), donde evidencia que la exposición a radiación ultravioleta por el sol es muy frecuente en la población económicamente activa, por lo tanto, lograr establecer todas las condiciones y factores de riesgos; con el seguimiento y control adecuados previene lesiones y enfermedades en la piel a que se podrían llegar como consecuencia de un mal seguimiento a los riesgos identificados.

Se evidencia que el riesgo a la exposición a la radiación ultravioleta generada por el sol es un riesgo que es muy poco conocido según estudios realizados por Cortes y colaboradores(76), además se propone como medidas de intervención la exposición al riesgo debe ser tomada en cuenta por los Servicios de Prevención de Riesgos Laborales: desde la perspectiva puramente laboral, a través de las evaluaciones de riesgos y la vigilancia de la salud, y desde la perspectiva extralaboral, a través de campañas / programas de promoción de la salud.

Por lo tanto, los controles que actualmente existen para este riesgo que es inminente para el personal que labora al aire libre y que por las actividades propias del Ejército deben tener un estricto control para cumplir con el objetivo de prevenir enfermedades en la piel, es el diseño del sistema de vigilancia. Es una herramienta metodológica que logra llenar esos vacíos a fondo que, mediante un proceso de planear, hacer, verificar y actuar, se puede gestionar este riesgo de la manera más adecuada, más acertada y que abarca desde la identificación hasta el seguimiento de este.

A continuación, se describen los hallazgos de la presente investigación frente al estado del arte:

En un estudio realizado por la Comisión Internacional sobre la protección contra las radiaciones no ionizantes, cuyos autores más representativos son McKinlay (77), establecen que los trabajadores al aire libre presentan una mayor exposición a radiación ultravioleta emitida por el sol, por lo que pueden presentar mayor riesgo de aparición de lesiones a nivel de la piel y los ojos, para establecer dicho nivel de exposición a radiación ultravioleta de origen solar, se deben tener en cuenta parámetros como la ubicación geográfica en la cual se encuentra la persona, la predisposición individual a la generación de lesiones patológicas a nivel de la piel o los ojos, las características físicas de cada persona (color de la piel), las ocupaciones laborales que tiene cada uno de los trabajadores y que pueden aumentar la exposición a radiación ultravioleta del sol, los factores de protección que utilizan las personas para protección de los rayos ultravioleta del sol a nivel de la piel y los ojos. Lo anterior, sirvió como base para identificar los factores asociados al riesgo por exposición a radiación UV de origen solar en el Ejército Nacional de Colombia, considerando que los

factores más determinantes están relacionados con las actividades que se realizan al aire libre: rayos UV-A, UVB e Índice UV; el tiempo de exposición, las actividades realizadas por el Ejército Nacional (Unidades en patio y Unidades en área de combate), condiciones ambientales y factores asociados a la persona. El conjunto de estas variables permite identificar y valorar el nivel de riesgo al que se encuentra expuesto el personal del Ejército Nacional de Colombia. Por lo tanto, las variables del riesgo son coherentes y suficientes para caracterizar el nivel del riesgo de la población militar.

En uno de los estudios realizado por Ferlay(47), mediante una base de datos GLOBOCAN 2018, compiladas y difundidas por la Agencia Internacional para la Investigación del Cáncer (IARC), logra revisar fuentes y estadísticas sobre el cáncer en la piel de 185 países y además de estimar la incidencia y mortalidad mundial de la enfermedad. Hubo un estimado de 18.1 millones (95% UI: 17.5-18.7 millones) nuevos casos de cáncer (17 millones excluyendo cáncer de piel no melanoma) y 9.6 millones (95% UI: 9.3-9.8 millones) muertes por cáncer (9.5 millones excluyendo cáncer de piel no melanoma) en todo el mundo en 2018. Las estadísticas mundiales de enfermedades asociadas a la radiación UV de origen solar reflejan la necesidad de establecer medidas de prevención y control para prevenir el cáncer de piel. Sin embargo, se logró evidenciar durante el desarrollo de la presente investigación, que, en Colombia, no se tiene normatividad asociada para controlar los tiempos de exposición, elementos de protección adecuados, campañas de generación de conciencia, guías de atención en seguridad y salud en el trabajo; entre otros mecanismos que aporten a la prevención de enfermedades en la piel. Realizar un sistema de información geográfica permite que la información requerida para la clasificación de nivel de riesgo a radiación UV

de origen solar, se presente de una manera más didáctica y visual, logrando con mayor rapidez la identificación y comprensión de las zonas con alto riesgo a la exposición y la cantidad de personal del Ejército Nacional expuesta, facilitando la identificación e intervención oportuna de la población más vulnerable a padecer efectos en salud sobre la piel. El mapa interactivo evidencia que todo el personal Militar tiene un riesgo entre alto y extremadamente alto, por lo tanto, existe cierta población que se encuentra más concentrada en la parte central del país y que además su índice de radiación UV solar es el nivel más alto. Lo anterior, soporta la necesidad de la implementación de programas de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociados a la radiación ultravioleta de origen solar, como una herramienta de prevención en la aparición de enfermedades ocupacionales de tipo dermatológico asociados a este peligro.

Los trabajadores que laboran al aire libre tienen mayor exposición solar y en consecuencia más posibilidad de desarrollar cáncer de piel, por lo tanto, es responsabilidad del estado y del empleador proveer los mecanismos adecuados para disminuir la exposición a radiación ultravioleta proveniente del sol y es también responsabilidad del trabajador aplicar las medidas determinadas.

Por lo anteriormente mencionado es necesario que el Gobierno Nacional, genere estrategias de prevención a la exposición de medidas de recolección de información más certera sobre los índices de exposición a radiación UV de origen solar, que incluyen instrumentos como: solmáforos, aplicaciones digitales para hacer seguimiento a la radiación UV de origen solar recibida, tiempos de exposición diarios permitidos, campañas de

Diseño de un sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociados a la radiación ultravioleta de origen solar en la población del Ejército Nacional de Colombia y sus efectos en salud.

Stephani Ávila Benítez
Rocío Patricia Carbone Pinedo
Jonathan Mauricio Leal Penagos
Julio Cesar Padilla Agredo

conciencia desde la primera edad para evitar el daño acumulativo, legislación ocupacional que responsabilice al empleador del control de este factor de riesgo, entre otros.

Otro factor fundamental es la toma de conciencia en la población, que se logra a través de campañas de comunicación y repetición que pueden ser direccionadas a los trabajadores que se exponen diariamente a la radiación UV de origen solar por las condiciones de su trabajo o a la población en general que por las actividades recreativas, abusa del tiempo de exposición a los rayos solares, desconociendo además la afectación que genera en su salud, según el tipo de piel, antecedentes familiares, antecedentes personales, manipulación de productos químicos fotosensibilizantes, entre otros factores que incrementan o no el riesgo a padecer enfermedades en la piel asociadas a la radiación UV de origen solar.

Lo antes mencionado no solamente genera beneficios para el trabajador sino también para las empresas, al disminuir los niveles de ausentismo que puedan generarse por la exposición de sus trabajadores a la radiación UV de origen solar y al Estado disminuyendo los costos de tratamiento por la detección tardía de enfermedades de piel asociadas a la radiación UV de origen solar, descongestión del sistema de salud y los costos asociados a la calificación de enfermedades laborales.

10. Conclusiones

Para la identificación de los factores de riesgos asociados a la exposición solar ultravioleta del personal Militar, se tuvo en cuenta variables que ayudan a evaluar el riesgo de la población estudio, entre los que se identificaron: la radiación solar, sin duda una de las más importante y representativa; el tiempo de exposición, también representativa debido a que a mayor tiempo mayor riesgo, sin embargo, existen unos rangos de exposición que son benéficos para la salud y que son necesarios para poder obtener vitaminas y minerales; la organización de trabajo, dentro del Ejército Nacional, clasificado en personal de combate y las unidades de patio; entorno ambiental del trabajador y condiciones climáticas del sitio donde trabaja; el factor asociado a la persona, en el que se incluyen variables como: antecedentes familiares y personales, fototipo de piel, color de ojos, cabellos y comportamiento de cada persona; y finalmente la variable de la profesión militar, que sin lugar a duda por las funciones que se desarrollan, el personal está expuesto continuamente a radiaciones ionizantes de origen solar.

El personal del Ejército Nacional podría determinarse que tienen una profesión de característica nómada, debido a que son trasladados a prestar sus servicios en todo el territorio nacional, lo que nos indica que están expuestos a diferentes condiciones climáticas. Y de acuerdo con los datos recolectados sobre población del Ejército distribuida en Colombia, en la zona andina, es decir, la parte central del país es donde mayor concentración de población militar se encuentra.

Diseño de un sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociados a la radiación ultravioleta de origen solar en la población del Ejército Nacional de Colombia y sus efectos en salud.

Stephani Ávila Benítez
Rocío Patricia Carbone Pinedo
Jonathan Mauricio Leal Penagos
Julio Cesar Padilla Agredo

Las áreas geográficas en Colombia, que por su localización, altitud, latitud y elevación tienen un riesgo mayor de exposición a radiaciones ultravioleta de origen solar – categoría extremadamente alta según la clasificación de la OMS y la ANDI – son los departamentos de Cundinamarca y Boyacá, cuyo índice UV es mayor a 11, son aéreas en donde el personal Militar tiene mayor riesgo de exposición; sin embargo en todo el territorio nacional el nivel de índice ultravioleta se encuentra por encima de 7, lo que lo cataloga como un nivel alto, muy alto y extremadamente alto.

Se diseñó un formato de historia clínica ocupacional para la recolección de información de los trabajadores del Ejército Nacional, y poder determinar para cada uno de ellos, cuál es el nivel de riesgo al que están expuestos por la radiación UV de origen solar; para la evaluación del riesgo se tomaron las variables: tiempo de exposición, categoría de exposición, protección solar utilizada por el trabajador, antecedentes familiares y personales, fototipo de piel y sustancias químicas foto sensibilizantes a las que está expuesto el trabajador por las funciones desarrolladas en su cargo. Para el diligenciamiento de la historia Clínica se creó un protocolo que paso a paso detalla cómo se lleva a cabo el examen médico.

Se construyó una matriz de recolección de información de la historia clínica ocupacional con énfasis en radiación UV de origen solar, que facilita el análisis de información y la categorización del nivel del riesgo del trabajador, y arroja información necesaria para la medición de los indicadores de gestión.

El 100% de la población del Ejército Nacional de Colombia, una vez identificada la clasificación del nivel de riesgo a exposición solar UV, se encuentra expuesta a radiación no

Diseño de un sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociados a la radiación ultravioleta de origen solar en la población del Ejército Nacional de Colombia y sus efectos en salud.

Stephani Ávila Benítez
Rocío Patricia Carbone Pinedo
Jonathan Mauricio Leal Penagos
Julio Cesar Padilla Agredo

ionizantes mayor a IUV de 7, lo que puede generar un riesgo de enfermedades laborales asociadas a este factor de riesgo.

Los indicadores de gestión como una medida de control para la medición del desempeño del sistema de vigilancia, permiten al Ejército Nacional asegurar que en todos sus centros de trabajo se establecen condiciones mínimas para minimizar el riesgo de enfermedades laborales asociadas a la radiación ultravioleta de origen solar, velar por el cumplimiento de las medidas de intervención definidas y evaluar la eficacia de las acciones tomadas, lo anterior a través de los indicadores de estructura, proceso y resultado formulados para la medición del sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociado a la radiación ultravioleta de origen solar de la población del Ejército Nacional de Colombia y sus efectos en la salud.

Se identificó que sin importar el nivel de riesgo al que está expuesto el trabajador si una vez realizado el examen médico ocupacional se determina que el paciente es sospechoso, probable o con apariencia de confirmado, debe remitirse al especialista para ser diagnosticado; y si un trabajador se encuentra sano, pero su nivel de riesgo derivado de la exposición a la radiación UV de origen solar, debe realizarse seguimiento anual, si es medio seguimiento semestral y si es alto, seguimiento trimestral; todo lo anterior con el fin de evitar que se presenten enfermedades laborales asociados a la radiación UV de origen solar.

Se estableció una matriz de recomendaciones médicas estructurada por unidad del Ejército Nacional y que describe controles de eliminación, sustitución, ingeniería, administrativos y sobre la persona; con el fin de asegurar que se implementan medidas de intervención adecuadas en cada uno de los centros de trabajo del Ejército Nacional de Colombia.

Diseño de un sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociados a la radiación ultravioleta de origen solar en la población del Ejército Nacional de Colombia y sus efectos en salud.

Stephani Ávila Benítez
Rocío Patricia Carbono Pinedo
Jonathan Mauricio Leal Penagos
Julio Cesar Padilla Agredo

El diseño del sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociado a la radiación ultravioleta de origen solar de la población del Ejército Nacional de Colombia y sus efectos en la salud, aporta a la población objetivo medidas de prevención e intervención estructuradas de acuerdo con las características de la población y aportan a la disminución o aparición de enfermedades laborales asociadas a la radiación UV de origen solar.

11. Recomendaciones

Una vez analizada la información y estructurado el sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociado a la radiación ultravioleta de origen solar de la población del Ejército Nacional de Colombia y sus efectos en la salud, se generan las siguientes recomendaciones dirigidas a diferentes partes interesadas:

Gobierno:

- Evaluar la necesidad de contemplar en el marco legal requisitos asociados a la implementación de medidas de intervención y elementos de protección personal obligatorio para el personal que realiza trabajos al aire libre y que por tanto están expuestos a la radiación UV de origen solar.
- Crear guías de atención integral de salud ocupacional basadas en la evidencia (GATISO), como medida eficaz y estandarizada para prevenir enfermedades de cáncer de piel asociadas a la radiación UV de origen solar.
- Identificar ocupaciones laborales de alto riesgo de exposición a la radiación UV de origen solar y para éstas establecer condiciones especiales de trabajo o de aportes a la seguridad social.
- Considerar la necesidad de legislar la obligatoriedad de instalar solmáforos en aquellas entidades públicas o privadas que dentro de sus actividades laborales, académicas o recreacionales tengan personal expuesto a la radiación UV de origen solar.

Ejército:

Diseño de un sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociados a la radiación ultravioleta de origen solar en la población del Ejército Nacional de Colombia y sus efectos en salud.

Stephani Ávila Benítez
Rocío Patricia Carbone Pinedo
Jonathan Mauricio Leal Penagos
Julio Cesar Padilla Agredo

- Implementar el sistema de vigilancia creado en el presente documento en todos los centros de trabajo del Ejército Nacional de Colombia.
- Establecer medidas de protección adecuadas para la protección de su personal contra la radiación UV de origen solar del personal del Ejército Nacional, como una prioridad sin importar las actividades que se desarrollan o la unidad a la que se encuentra adscrito el personal.
- Realizar capacitaciones a los líderes de seguridad y salud en el trabajo sobre los riesgos asociados a la radiación UV de origen solar, con el fin de establecer medidas de seguimiento basados en la toma de conciencia tanto del personal que realiza la intervención, como de los que hacen seguimiento y el personal directamente afectado (toda la población del Ejército Nacional)

Universidad:

- Incluir dentro de las líneas de investigación el peligro a la radiación U.V de origen solar con cada uno de sus factores de riesgo.
- Desarrollar formación complementaria como tema de cátedra con el propósito de lograr concientización y espíritu investigativo frente al riesgo de exposición de radiación ultravioleta de origen solar, como parte de la responsabilidad social de la institución.
- Desarrollar una aplicación móvil, tipo solmáforo para trabajadores ocupacionalmente expuestos a radiación ultravioleta de origen solar, que realicen actividades al aire libre.

Colegas:

Diseño de un sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociados a la radiación ultravioleta de origen solar en la población del Ejército Nacional de Colombia y sus efectos en salud.

Stephani Ávila Benítez
Rocío Patricia Carbone Pinedo
Jonathan Mauricio Leal Penagos
Julio Cesar Padilla Agredo

- Identificar otras afectaciones en el organismo a raíz de la exposición a radiación UV de origen solar, por ejemplo, afectación en ojos.
- Identificar ocupaciones o sectores productivos e industriales, para implementar el sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociado a la radiación ultravioleta de origen solar y sus efectos en la salud.

12. Bibliografía

1. Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. La vigilancia de la salud en la normativa de prevención de riesgos laborales [Internet]. 2012 [consultado nov 2019]. Disponible en: <https://www.insst.es/documents/94886/326879/959w.pdf/ccd7c931-50d3-4f6f-9600-0d1e9a9ee811>
2. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Norma Técnica del sistema de vigilancia epidemiológica para radiaciones ionizantes en prestadores de servicios de salud [Internet]. 2000 [consultado nov 2019]. Disponible en: https://www.libertycolombia.com.co/sites/default/files/2019-07/norma_tecnica_de_SVE_para_radiaciones_ionizantes_en_prestadores_de_servicios_de_salud.pdf
3. Carbone L. Sobre el significado de las definiciones de expuesto y exposición. Prevención integral [Internet]. 2011 [consultado Nov 2019]. Disponible en: <https://www.prevencionintegral.com/canal-orp/papers/orp-2011/sobre-significado-definiciones-expuesto-exposicion#:~:text=Se se\u00f1ala que expuesto es un t\u00e9rmino cualitativo%2C en contraposici\u00f3n,que puede o no da\u00f1ar.>
4. Carvajal C. Diagn\u00f3stico, dise\u00f1o y evaluaci\u00f3n del sistema de vigilancia epidemiol\u00f3gica por factores de riesgo para la empresa palmas del sur S.A Floridablanca: Universidad Pontificia Bolivariana; 2016.
5. Castiblanco CC, Poveda Corredor M, Paez Romero YP. Salud ocupacional. Bogot\u00e1 D.C.: Servicio Nacional de Aprendizaje - SENA; 2017.
6. Benavides Ballesteros HO. Informaci\u00f3n t\u00e9cnica sobre la radiaci\u00f3n ultravioleta, el \u00edndice UV y su pron\u00f3stico. Instituto de Hidrolog\u00eda, Meteorolog\u00eda y Estudios Ambientales - IDEAM [Internet]. 2010; Disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022454/notatecnicauiuvpaginawebfinal.pdf>
7. Collantes Jara JM. Efectos de la radiaci\u00f3n solar en la piel. Revista Ecuatoriana Med Eugenio Espejo. [Internet]. 2015 [consultado nov 2019]; (4:0): Ecuador. Disponible en: <http://bvsecuador.bvsalud.org/lildbi/docsonline/get.php?id=220>
8. Schalka, S. Steiner, D. Ravelli, F. N. Steiner, T. Terena, A. C. Mar\u00e7on, C. R. Rego VRP de A. Brazilian consensus on photoprotection. Anais brasileiros de dermatologia [Internet]. Rio de Janeiro: Brazilian Society of Dermatology; 2014 [agosto de 2014; [consultado nov 2019]. Disponible en: <https://www.scielo.br/pdf/abd/v89n6s1/0365-0596-abd-89-06-s1-0001.pdf>
9. Tenkate TD. Occupational Exposure To Ultraviolet Radiation: A Health Risk Assessment. Rev Environ Heal [Internet]. 1999 [consultado nov 2019] 14(4): 187-209. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/10746733/>
10. El Ghissassi F, Baan R, Straif K, Grosse Y, Secretan B, Bouvard V, et al. A Review of Human Carcinogens--Part D: Radiation. Lancet Oncol [Internet]. 2009. [consultado nov 2019] 10(8) p. 751-2. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19655431/>
11. Organizaci\u00f3n Mundial de la Salud (OMS) en colaboraci\u00f3n con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), la Organizaci\u00f3n Meteorol\u00f3gica Mundial (OMM) la Comisi\u00f3n Internacional de Protecci\u00f3n contra la Radiaci\u00f3n no Ionizante (ICNIRP). \u00cdndice

- UV solar mundial. Organ Mund la Salud [Internet]. Suiza: Organización Mundial de la Salud; 2003. [consultado Nov 2019]. Disponible en: <https://www.who.int/uv/publications/globalindex/es/>
12. Rivas Miguel, Rojas Elisa, Mendez Joaquín, Contreras Gabriel. Dosis eritémicas, sobreexposición a la radiación solar ultravioleta y su relación con el cáncer de piel en Arica, Chile. *Interciencia* [Internet]. 2014. [consultado nov 2019]; 39(7): 506-510. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/339/33931446009.pdf>
 13. Citek Karl y colaboraodres. El ojo y la radiación solar ultravioleta. *Points de Vue - International Review of Ophthalmic Optics*. [Internet]. 2016. [consultado Nov 2019]; Colección de artículos 2011-2015: 16. Disponible en: <https://www.pointsdevue.com/sites/default/files/uv-bluelight-e-book-esp.pdf>
 14. Vallejo Luis,. Índice Ultravioleta. [Internet]. Chile: Universidad de Antofagasta; 2003. [consultado nov 2019]. Disponible en: http://intranetua.uantof.cl/crea/indice_uv_para_publicar_en.pdf
 15. Rios Ariel. El sol, la radiación ultravioleta y usted - Guía SunWise para la exposición al sol. Agencia de Proteccion Ambiental de los Estados Unidos. [Internet]. 2001 Sep [consultado nov 2019]: 3. Disponible en: https://www.epa.gov/sites/production/files/documents/sunuvu_spanish.pdf
 16. Turner J, Parisi A. Ultraviolet Radiation Albedo and Reflectance in Review: The Influence to Ultraviolet Exposure in Occupational Settings. *Int J Environ Res Public Health*. [Internet] 2018 [consultado nov 2019]; 15(7): 1507. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30018236/>
 17. Peña Palacios L. Estudio del efecto directo de los aerosoles atmosféricos sobre Europa. España: Congreso Nacional del Medio Ambiente. 2014.
 18. Lozano LA, Rodríguez AL, Ccoyllo OS. Pronóstico con cobertura nacional del índice de radiación solar ultravioleta. 2016;18-68. Disponible en: https://www.senamhi.gob.pe/pdf/estudios/meteo_2016_pro_cob_nac_ind_rad_sol_ult.pdf
 19. Ballesteros Benavides HO, Zapata Lesmes HJ. Atlas de radiación solar, ultravioleta y ozono de Colombia. [Internet]. Bogotá D.C.: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales IDEAM; 2017 [consultado nov 2019]. Disponible en: <http://www.andi.com.co/uploads/radiacion.compressed.pdf>
 20. Guerrero Medina E. Radiaciones no Ionizantes en salud ocupacional. Manual de salud ocupacional. Moderno EM, editor. 2017. 108-113 p.
 21. Navarrete G. Histología de la piel. *Rev Fac Med UNAM*. 2003; 46(4): 130-133.
 22. Uran M, Cano L. Melanin: implications in some disease pathogenesis and its capacity to evade the host immune response. *Asociación Colombiana de Infectología*. 2008; 12(2): 2-3.
 23. Marín D, Del Pozo A. Pigmentación de la piel (I). Melaninas: conceptos generales e implicaciones cosméticas. *OFFARM*. 2005; 24(1): 118.
 24. Sáenz EM. Factores asociados a daño solar cutáneo crónico en pacientes adultos mayores hospital militar geriátrico 2017. [maestría]. Lima: Universidad San Martin de Porres; 2017.

25. Escalas J. Fotodermatología. Panamericana EM, editor. Madrid-España; 2014.
26. Valdivia L. Fotobiología cutánea: generalidades. Rev Peru Dermatología. [Internet]. 2002; [consultado nov 2019]; 12(2): 98–103. Disponible en: http://sisbib.unmsm.edu.pe/BVrevistas/dermatologia/v12_n2/fotobiologia_cutanea.htm
27. Acosta Gonzalez, Valeria X. Conocimientos sobre prácticas de foto protección e identificación del fototipo cutáneo en población de 18 a 40 años de edad del personal de la Policía Nacional de la ciudad de Ibarra. [tesis]. Quito: Pontifica Universidad Católica del Ecuador. 2016.
28. Curiel-Lewandrowski, Clara M. Risk factors for the development of melanoma. [Internet]. 2020. [consultado nov 2019]. Disponible en: https://www.uptodate-com.ezproxy.unbosque.edu.co/contents/risk-factors-for-the-development-of-melanoma?search=risk-factors-for-the-development-of-melanoma.&source=search_result&selectedTitle=1~150&usage_type=default&display_rank=1
29. Kramer DM, Tenkate T, Strahlendorf P, Kushner R, Gardner A, Holness DL. Sun Safety at Work Canada: a multiple case-study protocol to develop sun safety and heat protection programs and policies for outdoor workers. Implement Sci. [Internet]. 2015 [consultado nov 2019]; 10(97): 2-18. Disponible en: <https://implementationscience.biomedcentral.com/track/pdf/10.1186/s13012-015-0277-2>
30. Cahoon E, Wheeler D, Kimlin M, Kwok R, Alexander B, Little M, Linet N, Freedman D. Individual, Environmental, and Meteorological Predictors of Daily Personal Ultraviolet Radiation Exposure Measurements in a United States Cohort Study. Plos one [Internet] 2013 [consulta noviembre 2019] Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0054983>
31. Riemenschneider K, Liu J, Powers J. Skin cancer in the military: A systematic review of melanoma and nonmelanoma skin cancer incidence, prevention, and screening among active duty and veteran personnel. J Am Acad Dermatology [Internet] 2018; 78 (6):1185-1192. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7262574/>
32. Zhou J, Enewold L, Zahm SH, Devesa SS, Anderson WF, Potter JF, et al. No melanoma incidence rates among whites in the U.S. military. Cancer Epidemiology& Biomarkers Prevention [Internet]. 2011 [revisado Nov 2019]; 20 (2):318–323. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21148122/>
33. Lea, S, Efirid J, Toland A, Lewis D, Phillips C. Melanoma Incidence Rates in Active Duty Military Personnel Compared With a Population-Based Registry in the United States. Mil Med [Internet] 2014 [revisado Nov 2019]; 179(3): 247-253. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/24594457/>
34. Real Academia Española. Diccionario de la lengua española [Internet]. España: Asociación de academias de la lengua española; 2020 [actualizado Dic 2019; consultado May 2020]. Disponible en: <https://dle.rae.es/efecto>
35. Skotarczak K, Osmola-Mankowska A, Lodyga M, Polanska A. Photoprotection: Facts and Controversies. European Review for Medical and Pharmacological Sciences [Internet]. 2015; [revisado Nov 2019]; 19: 98–112. Disponible en: <http://www.europeanreview.org/wp/wp->

[content/uploads/98-112.pdf](#)

36. Douglas L, McMahon SB. Ultraviolet Radiation on the Skin: A Painful Experience? Review. *CNS Neuroscience & Therapeutics* [Internet]. 2015 [consultado Nov 2019] 22 (2): 118-126. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/pmc4833175/>
37. Vanicek K, Frei T, Litynska Z, Schmalwieser A. UV- yondex para el público Review Researchgate [Internet]. Bruselas: Unión Europea; 1999. [consultado Nov 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/288523666_uv-index_for_the_public
38. Alves, R., Castro Esteves, T. y Trelles, M.A. Factores intrínsecos y extrínsecos implicados en el envejecimiento cutáneo. *Cirugía Plástica Ibero-Latinoamericana* [Internet]. 2013 Mar. [revisado Nov 2019]; 39(1): 89-102. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0376-78922013000100013
39. Mejía CR, Chacón, Jhosselyn Hernandez Calderon N, Talledo-Ulfe LI, Vega - Melgar M, Raza-Vásquez LE, Astocondor-Altamirano J, et al. Protección contra la radiación solar en trabajadores de empresas peruanas: prácticas y cuidado personal, 2016. *Dermatología revista Mexicana* [Internet]. 2018.[consultado Nov 2019]; 62(2):101-110. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/derrevmex/rmd-2018/rmd182d.pdf>
40. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social. Resolución 2400 de 1979 [Internet]. Colombia; 1979 [consultado Nov 2019]. Disponible en: <http://www.bogotajuridica.gov.co/sisjur/normas/Normal.jsp?i=53565>
41. Ministerio de Salud. Resolución 3132 de 1998 [Internet]. Colombia; 1998 [consultado Nov 2019]. Disponible en: https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/RESOLUCIÓN_3132_DE_1998.pdf
42. Ministerio del Trabajo. Decreto 1072 de 2015 [Internet]. Colombia; 2015 [consultado Nov 2019]. Disponible en: <https://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/0/dur+sector+trabajo+actualizado+a+15+de+abril++de+2016.pdf/a32b1dcf-7a4e-8a37-ac16-c121928719c8>
43. Internacional Agency for Research on Cancer. Radiation Volume 100 D A review of human carcinogens. Lyon Francia: International Agency for Research on Cancer, WHO; 2012.
44. Cárdenas Rojas PJ. Cáncer de piel en tripulación Aérea Colombiana y factores de riesgo asociados [tesis]. Bogotá D.C.: Universidad Nacional de Colombia; 2012.
45. Charles W. Schmidt. Las radiaciones ultravioleta y el cáncer de piel la ciencia detrás de las restricciones de edad para las camas de bronceado. *Salud Pública de México* [Internet]. 2013 [consultado Nov 2019]; 120(8): A308-A313. Disponible en: https://www.scielosp.org/article/ssm/content/raw/?resource_ssm_path=/media/assets/spm/v55n1/v55n1a14.pdf
46. Lomas A, Leonardi-Bee J, Bath-Hextall F. A systematic review of worldwide incidence of nonmelanoma skin cancer. *British Journal of Dermatology* [Internet]. 2012 [consultado Nov 2019]; 166(5): 1069-1080. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-2133.2012.10830.x>
47. Ferlay J, Colombet M, Soerjomataram I, Mathers C, Parkin DM, Piñeros M, et al. Estimating the global cancer incidence and mortality in 2018: GLOBOCAN sources and methods.

- International Journal of Cancer [Internet]. 2018 [consultado Nov 2019]; 144(8):1941-1953. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ijc.31937>
48. Sánchez G, Nova J, De la hoz F, Castañeda C. Incidencia de cáncer de piel en Colombia, años 2003-2007. Piel [Internet]. 2011 Mar [revisado Nov 2019]; 26(4): 171-177. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/251535550_Incidencia_de_cancer_de_piel_en_Colombia_anos_2003-2007
 49. Pozzobon FC, Acosta A, Castillo J. Cáncer de piel en Colombia: cifras del Instituto Nacional de Cancerología. Revista de la asociación Colombiana de dermatología y cirugía dermatológica [Internet]. 2018 Abr [consultado Nov 2019]; 26(1):12.17. Disponible en: <https://revista.asocolderma.org.co/index.php/asocolderma/article/view/25>
 50. Ejército Nacional de Colombia. Base de datos Sistema de Administración del Talento Humano. Bogotá; 2020.
 51. Ministerio de Salud y Protección Social. Manual para la prevención del cáncer de piel dirigido al entorno laboral [Internet]. Bogotá 2015 [consultado May 2020]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/lists/bibliotecadigital/ride/vs/pp/ent/manual-prevencion-ca-piel-entorno-laboral.pdf>
 52. Harari Arjona R, Piñeiros J, Ayabaca M, Harari Freire F. Climate change and agricultural workers' health in Ecuador: occupational exposure to UV radiation and hot environments. Ann Ist Super Sanita [Internet]. 2016 [consultado Nov 2019]; 52(3) 368-373. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/27698295/>
 53. Organización Mundial de la Salud (OMS). Temas de salud. Radiación ultravioleta [Internet]. 2019. [consultado Nov 2019]. Disponible en: https://www.who.int/topics/ultraviolet_radiation/es/
 54. Lehmann M, Pfahlberg AB, Sandmann H, Uter W, Gefeller O. Public Health Messages Associated with Low UV Index Values Need Reconsideration. Public Heal Messag Assoc with Low UV Index Values Need Reconsideration. International Journal of Environmental Research and Public Health [Internet]. 2019 [consultado Nov 2019]; 16(12): 2067. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/333740771_public_health_messages_associated_with_low_uv_index_values_need_reconsideration
 55. Piña JE y Col. Guía Técnica de Radiación Ultravioleta de Origen Solar [Internet]. Chile: Gobierno de Chile Secretaria de Salud División de Políticas Públicas Saludables y Promoción Departamento de Salud Ocupacional; 2011 [consultado Nov 2019]. Disponible en: https://www.udec.cl/dirper/sites/default/files/guia_tecnica_radiacion_uv_minsal.pdf
 56. Ministerio del trabajo. Sistema de información sobre la exposición ocupacional a agentes carcinógenos para Colombia, 2012 [Internet]. Bogotá, D.C. 2016. [consultado Nov 2019] Disponible en: https://www.libertycolombia.com.co/sites/default/files/2019-07/Sistema_de_información_de_agentes_cancerigenos.pdf
 57. Ministerio de Trabajo. Decreto 1477 de 2014 [Internet]. Colombia; 2014. [consultado Nov 2019]. Disponible en: https://www.mintrabajo.gov.co/documents/20147/36482/decreto_1477_del_5_de_agosto_de_2014.pdf/b526be63-28ee-8a0d-9014-8b5d7b299500

Diseño de un sistema de vigilancia de la exposición a factores de riesgo asociados a la radiación ultravioleta de origen solar en la población del Ejército Nacional de Colombia y sus efectos en salud.

Stephani Ávila Benítez
Rocío Patricia Carbone Pinedo
Jonathan Mauricio Leal Penagos
Julio Cesar Padilla Agredo

58. Presidencia de la República de Colombia. Decreto 2566 de 2009 [Internet]. Colombia; 2009. [consultado Nov 2019]. Disponible en: https://www.defensoria.gov.co/public/Normograma_2013_html/Normas/Decreto_2566_2009.pdf
59. Congreso de la Republica de Colombia. Ley 1562 de 2012 [Internet]. Colombia; 2012. [consultado Nov 2019]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/lists/bibliotecadigital/ride/de/dij/ley-1562-de-2012.pdf>
60. Congreso de la República de Colombia. Proyecto de ley 129 de 2016 [Internet]. Colombia; 2016 [consultado Nov 2019]. Disponible en: <https://vlex.com.co/vid/proyecto-ley-129-2016-648247913#:~:text=DECRETA%3A,Artículo 1º.&text=La presente ley tiene el,exposición a la radiación solar.>
61. Presidencia de la República. Decreto 219 de 1998 [Internet]. Colombia; 1998 [consultado Nov 2019] Disponible en: <http://www.suin-juricol.gov.co/viewDocument.asp?id=1049327#:~:text=decreto 219 de 1998&text=por el cual se reglamentan parcialmente los regímenes sanitarios de,y se dictan otras disposiciones.>
62. Ministerio de la Protección Social. Resolución 2346 de 2007 [Internet]. Colombia; 2007 [consultado Nov 2019]. Disponible en: https://www.ins.gov.co/Normatividad/resoluciones/resolucion_2346_de_2007.pdf
63. Congreso de la República. Ley 378 de 1997 [Internet]. Colombia; 1997 [consultado Nov 2019]. Disponible en: https://www.ins.gov.co/normatividad/leyes/ley_0378_de_1997.pdf
64. Ministerio de Salud. Guías de Atención Integral en Seguridad y Salud en el Trabajo (GATISO) [Internet]. [consultado Nov 2019] Disponible en: https://www.minsalud.gov.co/documentos_y_publicaciones/forms/documentosypublicaciones.aspx
65. Instituto Asturiano Prevención de Riesgos Laborales. Código internacional de ética para los profesionales de la salud ocupacional [Internet]. Comisión Internacional de Salud Ocupacional / International Commission on Occupational Health; 2002 [revisado 2002; consultado Nov 2019]. Disponible en: https://higieneyseguridadlaboralcv.s.files.wordpress.com/2012/08/codigo_etico.pdf
66. Ministerio de Salud. Resolución 8430 de 1993 [Internet]. Colombia; 1993 [consultado Nov 2019]. Disponible en: <https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/lists/bibliotecadigital/ride/de/dij/resolucion-8430-de-1993.pdf>
67. Congreso de la Republica de Colombia. Ley 23 de 1982 [Internet]. Colombia; 1982 [consultado Nov 2019]. Disponible en: <http://derechodeautor.gov.co/documents/10181/182597/23.pdf/a97b8750-8451-4529-ab87-bb82160dd226>
68. Congreso de Colombia de Colombia. Ley 44 de 1993 [Internet]. Colombia; 1993 [consultado Nov 2019]. Disponible en: <http://derechodeautor.gov.co/documents/10181/182597/44.pdf/7875d74e-b3ef-4a8a-8661-704823b871b5>
69. American Conference of Governmental Industrial Hygienists. Based on the Documentation of the Threshold Limit Values for Chemical Substances and Physical Agents & Biological

- Exposure Indices [Internet]. EE.UU; Signature Publications; 2020 [revisado 2020; consultado May 2020]. Disponible en: a.cgih.org/store.
70. Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) de Colombia. IDEAM [Internet]. Bogotá D.C. [consultado Abr 2020] Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/>
 71. Índice UV [Internet]. [citado 2020 May]. Disponible en: <http://www.meteogijon.es/RUV.htm>
 72. Asociación Chilena de Seguridad. Trabajadores expuestos a radiación UV: riesgos y medidas preventivas [Internet]; 2013 [consultado Nov 2019] Disponible en: <https://www.achs.cl/portal/achs-corporativo/newsletters/pymes-achs-al-dia/paginas/ruv.aspx>
 73. Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM). Recomendaciones para la protección contra la radiación ultravioleta [Internet]. Colombia; 2014. [consultado Nov 2019]. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/web/tiempo-y-clima/recomendaciones-para-la-proteccion-contra-la-radiacion-ultravioleta>
 74. Centro para el Control y Prevención de Enfermedades (CDC) - Instituto Nacional para la Seguridad y Salud Ocupacional (NIOSH). Datos breves de NIOSH: protéjase de la exposición al sol [Internet]. 2010. [citado Nov 2019] Disponible en: https://www.cdc.gov/spanish/niosh/docs/2010-116_sp/
 75. Surdu S, Fitzgerald E, Bloom M, Boscoe F, Carpenter D, Haase R. Occupational exposure to ultraviolet radiation and risk of non-melanoma skin cancer in a multinational european study. Plos one [Internet]. 2013 [consultado Nov 2019]; 8(4): e62359. Disponible en: <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0062359>
 76. Cortés A, Higuera J, González C, Álvarez E, Melchor C, Febles J, et al. Ultraviolet index in the workspace: a learning tool. Medicina y seguridad del trabajo [Internet]. 2011 [consultado Nov 2019]; 57(225): 319-330. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0465-546X2011000400006
 77. McKinlay A, Bernhardt J, Ahlbom A, et al. Protecting workers from ultraviolet radiation [Internet]. Alemania: International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection; 2007[citada May 2020]. Disponible en: <https://www.icnirp.org/cms/upload/publications/ICNIRPUVWorkers.pdf>
 78. Arellano I, Alcalá D, Barba J, et al. Recomendaciones clínicas para la fotoprotección en México. Dermatología Cosmética, Médica y Quirúrgica [Internet]. 2014 [citada Mayo 2020]; 12(4): 243-255. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/cosmetica/dcm-2014/dcm144e.pdf>