



**UNIVERSIDAD
DE ANTIOQUIA**

**Exposición a radiación ultravioleta solar de docentes del área
de educación física en el municipio de Bello, 2018-2019**

Autor

Greiss Lizeth Sarmiento Barrera

Universidad de Antioquia

**Facultad Nacional de Salud Pública, Maestría en Seguridad y
Salud en el Trabajo**

Medellín, Colombia

2020



Exposición a radiación ultravioleta solar de docentes del área de educación física en el municipio de Bello, 2018-2019

Greiss Lizeth Sarmiento Barrera

**Trabajo de grado optar al título de
Magister en Seguridad y Salud en el Trabajo**

Asesor:

Hernán Darío Sepúlveda Magister en Salud Ocupacional

Grupo de Investigación:

Grupo de Investigación en Seguridad y Salud en el Trabajo

**Universidad de Antioquia
Facultad Nacional de Salud Pública
"Héctor Abad Gómez"
Medellín, Colombia**

2020

Tabla de contenido

Resumen.....	5
Introducción.....	7
1. Planteamiento del Problema.....	9
1.1. Justificación.....	12
2. Objetivos.....	14
2.1. Objetivos General.....	14
2.2. Objetivos Específicos.....	14
3. Problema de investigación.....	15
4. Marco teórico o conceptual.....	16
4.1. Definiciones y características de la radiación no ionizante	
4.2. Factores que modifican la radiación ultravioleta.....	21
4.3 Radiación ultravioleta ocupacional.....	23
4.4 Efectos sobre la salud asociados a radiación ultravioleta solar.....	24
4.5 Tópicos asociados a exposición a la a radiación solar.....	27
5. Metodología.....	33
6. Resultados.....	37
6.1 Características individuales y condiciones de trabajo.....	30
6.2. Condiciones de trabajo.....	31
6.3 Valoración potencial del riesgo.....	32
6.4 Uso de elementos de protección personal, conocimiento y percepción del riesgo.	34
6.5 Signos y síntomas relacionados.....	35
7. Discusión.....	38
Conclusiones.....	49
Referencias.....	50
Anexos	¡Error! Marcador no definido.

Lista de tablas

Tabla 1. Categorías de exposición a la radiación UV	14
Tabla 2. Límites permisibles para piel y ojo	24
Tabla 3. Límites permisibles para piel y ojos	24
Tabla 4. Características de persona y auto reporte de signos y síntomas.....	30
Tabla 5. Condiciones de trabajo y auto reporte de signos y síntomas.....	32
Tabla 6. Auto-reporte de signos y síntomas tiempo máximo de exposición	33
Tabla 7. Uso de elementos de protección personal, auto-reporte de signos y síntomas.....	34
Tabla 8. Modelos de regresión logística para variables desenlace.....	38

Resumen

Objetivo: Caracterizar los niveles exposición a radiación ultravioleta solar de los docentes de educación física del Municipio de Bello - Antioquia, durante el año (2019).

Métodos: Se realizó un estudio descriptivo transversal con enfoque cuantitativo. El total de la población fue de 70 maestros, con la cual se estableció una muestra por conveniencia de 37 docentes procedentes de 21 instituciones educativas, que participaron voluntariamente en el estudio. Se aplicó una encuesta, para identificar variables de persona, condiciones de trabajo, uso de elementos de protección personal, conocimiento y percepción del riesgo y como desenlace el autoreporte de afectaciones oculares y de la piel. Se realizaron mediciones directas de radiación ultravioleta en los puestos de trabajo.

Resultados: Los docentes del área de educación física en promedio se exponen 3,27 horas/día (DE 0,20) y 4,30 día/semana (DE 0,23) durante su jornada laboral, la media de las lecturas máximas y mínimas de radiación ultravioleta solar medidas en los lugares de trabajo fueron: 3,44 mW/cm² (DE 0,3) y 2,37 mW/cm² (DE 0,3) respectivamente.

Conclusión: De acuerdo con la valoración potencial del riesgo, se reporta que un 41,7% (20), superan los niveles limite permisibles de exposición a radiación ultravioleta solar a causa de su ocupación. Se pudo inferir que la vulnerabilidad de los docentes frente al peligro de radiación ultravioleta solar presenta valores importantes, y corresponden con la baja frecuencia de uso de elementos de protector personal, y las limitaciones en conocimiento presentada por la comunidad educativa.

Palabras clave: exposición ocupacional, trabajo al aire libre, evaluación de la exposición a radiación solar, radiación ultravioleta solar.

Abstract

Objective: To characterize the levels of exposure to solar ultraviolet radiation of the physical education teachers of the Municipality of Bello - Antioquia, during the year (2019).

Methods: A descriptive cross-sectional study with a quantitative approach was carried out. The total population was 70 teachers, with the selected quality of a sample for the convenience of 37 teachers selected from 21 educational institutions, who voluntarily participated in the study. A survey was applied to identify variables of person, working conditions, use of personal protection elements, knowledge and risk prevention and how to report the self-report of eye and skin effects. Direct measurements of ultraviolet radiation in the workplace were analyzed.

Results: Teachers in the area of physical education on average are exposed 3.27 hours / day (SD 0.20) and 4.30 day / week (SD 0.23) during their working day, the average of maximum readings and Minimum solar ultraviolet radiation measured at workplaces were: 3.44 mW / cm² (SD 0.3) and 2.37 mW / cm² (SD 0.3) respectively.

Conclusion: According to the potential risk assessment, 41.7% (20) are reported to exceed the permissible limited levels of exposure to solar ultraviolet radiation due to their occupation. It can be inferred that the limitation of teachers in the face of the danger of solar ultraviolet radiation presents important values, and corresponds to the low frequency of use of personal protective elements, and the limitations in knowledge presented by the educational community.

Keywords: occupational exposure, outdoor work, evaluation of exposure to solar radiation, solar ultraviolet radiation.

Introducción

La exposición a la radiación ultravioleta solar, se ha convertido en un tópico de gran preocupación en los ambientes ocupacionales, derivado del desarrollo de diferentes estudios epidemiológicos internacionales, sobre la relación causal entre la exposición a radiación ultravioleta solar ocupacional y la aparición de efectos adversos para la salud de los trabajadores expuestos como, manifestaciones en la piel de tipo aguda como, quemaduras solares y fotodermatitis, fotoenvejecimiento, queratosis actínica y otros cánceres de piel como carcinoma basocelular y el melanoma maligno. Además de efectos oculares agudos como la fotoqueratitis y fotoconjuntivitis, enfermedades crónicas como pterigio, catarata cortical y carcinoma de células de la córnea o conjuntiva [1]. Como es descrito en la Declaración de la International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP) [2].

Los docentes del área de educación física, dadas las actividades propias del deporte, permanecen en un importante porcentaje de su jornada laboral, en espacios al aire libre para realizar los programas de formación deportiva con sus estudiantes, según la Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo, el trabajo al aire libre se define como la labor que requiere estar expuesto a la radiación solar durante al menos el 75% de su tiempo [1], dicha proporción es comparable con los tiempos de exposición a radiación ultravioleta solar por parte de los docentes del área de educación física del municipio de Bello. Es indiscutible señalar que las instituciones educativas del sector público del país, sufren en la mayoría de los casos, alguna deficiencia en la infraestructura para el desarrollo de las actividades de formación, debido a la alta demanda de estudiantes y los escasos recursos dirigidos a las instituciones educativas, para la adecuación de la planta física [3]. Como resultado de ello, un buen número de colegios estatales no poseen los escenarios requeridos para la formación deportiva, lo cual obliga a los docentes a realizar dichas actividades en espacios que no aseguran su protección frente algunos riesgos, como es el caso de la radiación ultravioleta solar.

En el Valle del Aburra, actualmente no se tienen estudios detallados sobre los niveles de radiación UV solar a la que están expuestos quienes realizan actividades al aire libre en sus municipios, de hecho, la legislación colombiana tiene un tratamiento muy vago, sobre la exposición a radiación ultravioleta solar ocupacional, comparado con algunos países como Australia, Alemania, Dinamarca y Chile.

En consecuencia, este artículo tiene como objeto, la ampliación del conocimiento sobre la exposición por radiación ultravioleta solar de los docentes de educación física del municipio de Bello 2018-2019. Para responder a este problema de investigación, se realiza una descripción de las características individuales y condiciones laborales de los docentes, se desarrollan mediciones de radiación ultravioleta solar en los puestos de trabajo para realizar comparaciones con los valores límites permisibles (TLV por sus siglas en inglés), se identifica la percepción y conocimiento, y el uso de barreras protectoras, para generar una valoración del riesgo potencial por radiación UV solar, relacionado con la aparición de signos y síntomas autoreportados por los maestros, los cuales permitan el desarrollo de programas para mitigación del riesgo, velando por el mejoramiento en las condiciones de salud, trabajo y bienestar de los docentes de educación física, recreación y deportes.

1. Planteamiento del Problema

La radiación ultravioleta puede ser responsable de efectos adversos oculares y cutáneos, pero también inmunológicos. Tal y como lo describe la Agencia Internacional de Investigación sobre el Cáncer (IARC), al clasificar la radiación ultravioleta solar como carcinógenos, grupo I en humanos. Por su parte, La Organización Mundial de la Salud (OMS), en uno de sus reportes más recientes, plantea:

“Las radiaciones ultravioleta solares son radiaciones electromagnéticas con longitudes de onda entre 100 y 400nm. En cantidades pequeñas, las radiaciones ultravioletas son beneficiosas para la salud y desempeñan una función esencial en la producción de vitamina D. Sin embargo, la exposición excesiva a ellas se relaciona con diferentes tipos de cáncer cutáneo, quemaduras de sol, envejecimiento acelerado de la piel, cataratas y otras enfermedades oculares. También se ha comprobado que estas radiaciones aminoran la eficacia del sistema inmunitario. 3 A nivel mundial, la exposición excesiva a radiación ultravioleta solar causó en el año 2000 la pérdida de aproximadamente 1,5 millones de carga de morbilidad mundial que representa el 0,1 y 60.000 muertes prematuras. La mayor carga de morbilidad causada por la RUV se debe a las cataratas corticales, los melanomas cutáneos malignos y las quemaduras solares, aunque las estimaciones de estas últimas son muy inciertas debido a los escasos datos disponibles” [2].

Es evidente el aumento en los índices de radiación ultravioleta solar de gran cantidad de países en el mundo como: Canadá, Los Alpes suizos, el Ártico, en Chile y en Argentina; en estos dos últimos países se ha encontrado incluso un incremento de aproximadamente el 10% por década en los últimos 15 años [4]. Como se puede visualizar en estudios estadounidenses, se debe iniciar la búsqueda de las posibles asociaciones entre la exposición a radiación ultravioleta solar y las ocupaciones. Como ejemplo de ello, estudios recientes han generado conclusiones importantes para los puestos de trabajo, como en el caso de los conductores, a quienes se les recomienda, mantener el aire acondicionado del vehículo funcionando y las ventanas cerradas con el fin de disminuir la exposición solar ocupacional o casual [5].

A nivel nacional el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) alertó: “Aumentó el nivel de radiación ultravioleta

solar en el país como consecuencia de cielos despejados y a los bajos valores de ozono del 2017”, al describir la peligrosidad en los valores de radiación ultravioleta solar, los cuales son máximos en zonas montañosas, departamentos como Antioquia corren gran peligrosidad, alcanzando nivel extremo en épocas de verano, puesto que la intensidad de la radiación ultravioleta aumenta aproximadamente un 10% con cada 1.000 metros de incremento de la altitud.

Registros del sensor de radiación ultravioleta (RUV), ubicado en la Torre SIATA (Sistema de Alertas Tempranas del Valle de Aburrá), observa un aumento en la radiación UV, presentando datos superiores a 11 en el índice de radiación UV, alertando a estos municipios en nivel extremo, entre las 10:30 a.m. - 3:30 p.m. El Área Metropolitana del Valle de Aburrá recomienda el uso de elementos de protección personal solar, en caso de realizar actividades al aire libre por más de cinco minutos, así como el uso diario/rutinario de prendas de vestir que cubran la mayor parte del cuerpo, gafas con protección ultravioleta (UV) y cremas anti solares con un factor de protección Solar FPS adecuado para cada tipo de piel.

Estos valores extremos y altos del índice de radiación ultravioleta, se convierten en un factor de preocupación importante, ya que se ha determinado que la mayoría de pieles de la zona del valle del aburra, corresponden a fototipos claros, según la clasificación de Fitzpatrick [6]. Además del alto grupo poblacional que realiza trabajos al aire libre, en los que pasan un elevado porcentaje de su jornada laboral, exponiéndose a radiación ultravioleta solar. Adicionalmente, se debe tener en cuenta que en Colombia el sol también se ha relacionado con el desarrollo o incremento de otro tipo de lesiones dermatológicas, tales como el melasma, la queratosis actínicas y enfermedades fotosensibles como el prurigo actínico, pénfigo endémico y el lupus eritematoso sistémico [4].

Al hablar de radiación ultravioleta solar a nivel internacional, existen múltiples estudios epidemiológicos, para adherir este factor de riesgo a unos sectores económicos bien definidos como: la minería, la construcción, agroindustria, pesca, transporte y comercio, pero en un muy limitado número de investigaciones, se asocia el sector educativo, a este tipo de peligros.

Los docentes del área de educación física, dadas las actividades propias del deporte, permanecen en un alto porcentaje de su jornada laboral, en espacios al aire libre para realizar los programas deportivos con sus estudiantes, y se puede evidenciar que su exposición a radiación ultravioleta solar es alta comparada con otras ocupaciones, y muy superior respecto al riesgo al cual están expuestos sus compañeros

docentes de otras áreas de la educación, quienes permanecen pertenecen la mayor parte de su jornada laboral, dentro de las aulas de clase.

Esta investigación se encuentra motivada por la misma población de estudio, ya que, en repetidas ocasiones, la mesa de trabajo del área de educación física del municipio de Bello, ha presentado la radiación ultravioleta solar como una de sus principales preocupaciones, frente a condiciones laborales y de salud. Manifiestan los mismos docentes, que han tenido que solicitar traslado de algunas instituciones educativas, por falta de escenarios deportivos con sombra, ya que encuentran un malestar al realizar sus actividades académicas, en ciertas horas de su jornada de trabajo, y otros maestros han solicitado cambio de institución educativa ya que han visualizado alteraciones en su piel, producto de la exposición acumulada a radiación ultravioleta solar.

Es indiscutible señalar que las instituciones educativas del sector público del país, sufren en la mayoría de los casos, de alguna deficiencia en la infraestructura para el desarrollo de las actividades de formación, debido a la alta demanda de estudiantes y la escases de recursos dirigidos a las instituciones educativas, para la adecuación de la planta física, como resultado de ellos, un buen número de colegios estatales no poseen los escenarios requeridos para la formación deportiva, lo cual obliga a los docentes a realizar dichas actividades en espacios que no aseguran su protección frente algunos riesgos, como es el caso de la radiación ultravioleta solar.

Este proyecto de investigación responde a la responsabilidad que acoge la investigación en el área de la seguridad y salud en el trabajo, focalizando en su concepto de "Prevención y Promoción de la Salud", es por eso que se pretende, realizar la caracterización del nivel de exposición al cual se enfrentan los docentes de educación física, con el fin de producir la respectiva valoración del riesgo, generar una descripción propicia de la exposición a radiación ultravioleta solar, asociados a variables individuales, ocupacionales, uso de barreras protectoras, comportamientos, y percepción del riesgo en los maestros del municipio de Bello, buscando definir medidas de control, necesarias para disminuir las patologías 5 derivadas de la exposición a radiación ultravioleta solar ocupacional, velar por el mejoramiento en la salud, las condiciones trabajo y bienestar de los docentes de educación física y deportes del país.

1.1. Justificación

Los cambios a nivel ambiental han generado resultados inquietantes en las últimas investigaciones, sobre el aumento en los niveles de radiación actuales, tóxico que se convierte un riesgo potencial para las poblaciones que realicen algún tipo de actividad al aire libre. Por lo tanto, es necesario ampliar los estudios relacionados a este factor de riesgo, caracterizar las exposiciones de todas aquellas personas, que desarrollen algún tipo de actividad al aire libre, buscando fortalecer los programas de prevención y promoción de la salud, minimizar el riesgo de padecer enfermedades dérmicas, oculares y del sistema inmunológico, generadas por esta exposición.

En el Valle del Aburra, actualmente no se tienen estudios detallados sobre los niveles de exposición a radiación UV solar a la que están expuestos quienes realizan actividades al aire libre en sus municipios, de hecho, la legislación colombiana tiene un tratamiento muy vago, sobre la exposición a radiación ultravioleta solar ocupacional, comparados con algunos países del Cono Sur, Europa y Oceanía. Por lo tanto, es necesario ampliar el conocimiento que se tiene al respecto, para lograr valorar la dosificación de RUV recibida por los trabajadores durante su jornada laboral y para realizar las respectivas comparaciones con los valores límites permisibles de la normatividad internacional, buscando generar estrategias de mitigación del riesgo y los efectos a la salud humana como consecuencia de su trabajo.

En cuanto a la relevancia social de esta investigación, en la actualidad los docentes de Colombia, son una fuerza laboral importante para el país, como lo muestran los registros recientes del Ministerio de Educación Nacional (MEN), donde se señala que se dedican a la enseñanza 315.971 maestros en el país, valor muy por encima del porcentaje de formadores existente en otras regiones del mundo. El sector de la educación se puede señalar como una de las actividades económicas en las cuales se presta menor atención a la existencia de los factores de riesgo ocupacionales, a pesar que, relacionados con las actividades de enseñanza se encuentran involucrados riesgos de tipo: psicosociales, químicos, físicos, biológicos, ergonómicos, entre otros. Por supuesto es importante señalar, que, debido a las consecuencias visualizadas por el sector educativo, en la salud de los docentes, se viene incrementando un crecimiento en los últimos años en la investigación sobre riesgos psicosociales y ergonómicos en los maestros, pero se resalta la ausencia en

investigaciones de otros riesgos como los físicos, para el caso la radiación ultravioleta.

En consecuencia este proyecto tiene como objeto, la ampliación del conocimiento, sobre los niveles de radiación (UV) solar, a la que están expuestos los docentes de educación física, quienes permanecen un alto porcentaje de su jornada laboral al aire libre buscando realizar una descripción rigurosa del tema de radiación ultravioleta para esta población, realizando la medición de su dosificación y comparándola con los niveles máximos permisibles, de acuerdo con variables de persona, lugar, tiempo de exposición, percepción del riesgo y uso de barreras protectoras.

Este proyecto tiene un valor teórico importante, al intentar disminuir el vacío de conocimiento que existe en Colombia, sobre la exposición a radiación ultravioleta solar que afecta una determinada actividad económica, sobre la cual no se habían realizado estudios frente a este factor de riesgo, se espera que algunos de los resultados de la investigación puedan servir de base, para la caracterización de la exposición a radiación en grupos de exposición similar, en otras ciudades del país y actividades laborales sin estudiar.

Como utilidad metodológica, esta investigación pretende adaptar un instrumento que permita realizar la valoración de la exposición a radiación ultravioleta solar para los docentes, asociado con variables de persona, lugar, tiempo de exposición y percepción del riesgo. Además de generar un análisis de la historia detallada de exposición individual, tema sobre el cual existen muy pocos estudios disponibles en la literatura científica. Este cuestionario podría ser utilizado en futuras investigaciones.

El desarrollo de esta investigación, busca contribuir y ser compatible con las políticas de prevención y promoción de la salud, mejorar las condiciones ocupacionales y de calidad de vida de los maestros.

2. Objetivos

2.1 Objetivos General

Caracterizar los niveles exposición a radiación ultravioleta solar de los docentes de educación física del Municipio de Bello.

2.2 Objetivos Específicos.

- 2.2.1 Describir características de persona, lugar y condiciones de trabajo relacionadas con exposición ultravioleta solar de los docentes del área de educación física del municipio de Bello.
- 2.2.2 Valorar el nivel de radiación UV solar a la que están expuestos, los docentes del área de educación física del municipio de Bello.
- 2.2.3 Establecer asociación entre el nivel de radiación solar, variables de persona, condiciones de trabajo, percepción y conocimiento del riesgo y uso de barreras protectoras contra radiación ultravioleta solar, con la aparición de afectaciones oculares y en la piel de los docentes.

3. Problema de investigación

¿Cuál es el nivel de radiación UV que a la que están expuestos docentes de educación física del Municipio de Bello, 2018-2019?

4. Marco teórico o conceptual

4.1 Definiciones y características de la radiación no ionizante

4.1.1. Radiaciones no ionizantes

Las radiaciones ultravioletas se definen como una forma de energía electromagnética, emitida por longitudes de onda menores que la correspondiente a la visible por el ojo humano, pero mayor que los rayos x, se definen como radiaciones no ionizantes, debido a que no tiene la suficiente energía para arrancar electrones de los átomos.

4.1.2. El espectro electromagnético

Características físicas básicas La forma más conocida de energía electromagnética es la luz del sol. La frecuencia de la luz solar (luz visible) es la línea divisoria entre la radiación ionizante (rayos x, rayos cósmicos), más potente y de frecuencias más altas, y la radiación no ionizante, más benigna y de frecuencias más bajas. Hay un espectro de radiación no ionizante.

La radiación no ionizante (RNI) engloba toda la radiación y los campos del espectro electromagnético que no tienen suficiente energía para ionizar la materia. Es decir, la RNI es incapaz de impartir suficiente energía a una molécula o un átomo para alterar su estructura quitándole uno o más electrones. La división entre la RNI y la AI igual que cualquier forma de energía, La energía de la RNI tiene el potencial necesario para interactuar con los sistemas biológicos, y las consecuencias pueden ser irrelevantes, perjudiciales en diferentes grados o beneficiosas. En el caso de la radiofrecuencia (RF) y la radiación de microondas, el principal mecanismo de interacción es el calentamiento, pero en la región de baja frecuencia del espectro, los campos de alta intensidad pueden inducir corrientes en el cuerpo y por ello resultar peligrosos. No obstante, se desconocen los mecanismos de interacción de las intensidades de los campos de bajo nivel.

La radiación ionizante suele establecerse en una longitud de onda de 100 nanómetros aproximadamente [7].

4.1.3 Cantidades y unidades

A frecuencias inferiores a 300 MHz aproximadamente, los campos se cuantifican en términos de intensidad de campo eléctrico (E) e intensidad de campo magnético (H). E se expresa en voltios por metro (V/m) y H en amperios por metro (A/m).

El término radiación significa simplemente energía transmitida por ondas. Las ondas electromagnéticas son ondas de fuerzas eléctricas y magnéticas, cuyo movimiento ondulatorio se define como propagación de perturbaciones en un sistema físico. Todo cambio en el campo eléctrico va acompañado de un cambio en el campo magnético y viceversa. Las ondas electromagnéticas se caracterizan por un conjunto de parámetros, que incluyen la frecuencia (f), la longitud de onda (λ), la intensidad del campo eléctrico, la intensidad del campo magnético, la polarización eléctrica (P) (dirección del campo E), la velocidad de propagación (c) y el vector de Poynting (S). El gráfico 1 representa la propagación de una onda electromagnética en el espacio. La frecuencia se define como el número de cambios completos por segundo del campo eléctrico o magnético en un punto dado, y se expresa en hertzios (Hz). La longitud de onda es la distancia entre dos crestas o dos valles consecutivos de la onda (máximos o mínimos). La frecuencia, la longitud de onda y la velocidad de la onda (v) están en la siguiente relación [7]:

$$V = f \lambda$$

4.1.4 Radiación Ultravioleta

Al igual que la luz, que es visible, la radiación ultravioleta (RUV) es una forma de radiación óptica de longitudes de onda más cortas y fotones (partículas de radiación) más energéticos que los de la luz visible. La mayoría de las fuentes de luz emiten también algo de RUV. La RUV está presente en la luz del sol y también es emitida por un gran número de fuentes ultravioleta utilizadas en la industria, la ciencia y la medicina. Los trabajadores pueden encontrarse con la RUV en una gran variedad de puestos de trabajo. En algunos casos, con niveles bajos de luz ambiente pueden verse fuentes muy intensas de ultravioleta próximo ("luz negra"), pero normalmente la RUV es invisible y solo se detecta por el resplandor de materiales que producen fluorescencia al ser iluminados con RUV [7].

4.1.5 Fuentes de radiación ultravioleta

4.1.5.1 Luz solar

La mayor exposición de origen profesional a la RUV la experimentan quienes trabajan al aire libre, bajo la luz del sol. La energía de la radiación solar está muy atenuada por la capa de ozono de la Tierra, que limita la RUV terrestre a longitudes de onda superiores a 290-295 nm. La energía de los rayos de corta longitud de onda (UVB), más peligrosos, de la luz solar depende considerablemente de su trayectoria oblicua en la

atmósfera, y varía con la estación y la hora del día (Sliney 1986 y 1987; OMS 1994) [7].

4.1.5.2 Fuentes artificiales:

- Soldadura al arco industrial. La principal fuente de exposición potencial a la RUV es la energía radiante de los equipos de soldadura al arco. Los niveles de RUV en torno al equipo de soldadura al arco son muy altos y pueden producirse lesiones oculares y cutáneas graves en un tiempo de tres a diez minutos de exposición a distancias visuales cortas, de unos pocos metros. La protección de los ojos y la piel es obligatoria [7].
- Lámparas de RUV industriales/en el lugar de trabajo. Muchos procesos industriales y comerciales, tales como el curado fotoquímico de tintas, pinturas y plásticos, requieren la utilización de lámparas que emiten una radiación intensa en la región del UV. Aunque la probabilidad de exposición perjudicial es baja gracias al empleo de blindajes, en algunos casos puede producirse exposición accidental [7].
- Lámparas de luz negra. Las lámparas de luz negra son lámparas especializadas que emiten predominantemente en la región del UV, y por lo general se utilizan para pruebas no destructivas con polvos fluorescentes, para la autenticación de billetes de banco y documentos, y para efectos especiales en publicidad y discotecas. No plantean ningún riesgo de exposición considerable para los humanos (excepto en ciertos casos para la piel foto sensibilizada) [7].
- Tratamiento médico. Las lámparas de RUV se utilizan en medicina para diversos fines de diagnóstico y terapéuticos. Normalmente, las fuentes de radiación ultravioleta se utilizan en aplicaciones de diagnóstico. Los niveles de exposición del paciente varían considerablemente según el tipo de tratamiento, y las lámparas UV empleadas en dermatología requieren una utilización cuidadosa por parte del personal [7].
- Lámparas RUV germicidas. La RUV con longitudes de onda en el intervalo de 250–265 nm es la más eficaz para esterilización y desinfección dado que corresponde a un nivel máximo en el espectro de absorción del ADN. Estas fuentes suelen denominarse "lámparas germicidas", "lámparas bactericidas" o simplemente "lámparas UVC". Se utilizan en hospitales para combatir la infección por tuberculosis, y también en el interior de cabinas microbiológicas de seguridad para inactivar los microorganismos del aire y de las

superficies. Es esencial una instalación adecuada de las mismas y el uso de protección ocular [7].

Alumbrado general. Las lámparas fluorescentes son de uso habitual en el lugar de trabajo y también hace tiempo que se utilizan en el entorno doméstico. Estas lámparas emiten pequeñas cantidades de RUV y solo contribuyen en un pequeño porcentaje a la exposición anual de una persona a la radiación UV. Las lámparas de tungsteno halógenas cada vez se utilizan más en el hogar y en el lugar de trabajo para diversos fines de alumbrado y exhibición [7].

4.1.6 Tipos de radiaciones UV Solar

4.1.6.1 UVA (Radiación ultravioleta A)

Es aquella que posee una longitud de onda entre los 315 y los 400 nanómetros. Llega casi completamente a la superficie de la tierra. Es responsable de parte del bronceado, produciendo principalmente el envejecimiento de la piel. Representa cerca del 95% de la RUV que llega a la superficie terrestre.

4.1.6.2 UVB (Radiación ultravioleta B)

Es aquella que posee una longitud de onda entre los 280 a los 315 nanómetros. Llega a la tierra muy atenuada porque es absorbida por el ozono, reflejada por los aerosoles y principalmente atenuada por la cubierta de nubes.

4.1.6.3 UVC (Radiación ultravioleta C)

Es aquella que posee una longitud de onda entre los 100 y los 280 nanómetros. En teoría es la más peligrosa para el hombre, pero es absorbida totalmente por la atmósfera. [2]

Como es descrito por Modenese A, Bisegna F, et al. : " La Tierra tiene una composición espectral significativamente diferente a la emitida por el Sol. Esto se debe principalmente a una absorción atmosférica de la radiación ultravioleta (UVR) por varios componentes gaseosos, en particular el ozono, que bloquea todas las longitudes de onda de menos de 290 nm, y por lo tanto todo el UVC y una parte importante de los UVB. Debido al efecto de filtración realizado por la atmósfera, la radiación solar en la superficie de la Tierra está compuesta principalmente de frecuencias dentro del índice de radiación que constituyen el 45% de la radiación solar [3].

Índice UV. La Organización Meteorológica Mundial, en colaboración con el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente y la Comisión Internacional de Protección contra la Radiación no Ionizante, en su guía práctica Índice UV Solar, generan un documento educativo para crear informar a la población en general sobre, la peligrosidad de la radiación 11 ultravioleta solar y la necesidad de generar medidas de prevención. En ella se realiza una definición del índice de radiación ultravioleta de la siguiente manera:

“El índice ultravioleta solar mundial (IUV) es una medida de la intensidad de la radiación ultravioleta solar en la superficie terrestre. El índice se expresa como un valor superior a cero, y cuanto más alto, mayor es la probabilidad de lesiones cutáneas y oculares y menos tardan en producirse esas lesiones. La intensidad de la radiación UV y, en consecuencia, el valor del índice varía a lo largo del día. Al comunicar el IUV, se pone el máximo énfasis en la intensidad máxima de la radiación UV en un día determinado, que se produce durante el período de cuatro horas en torno al mediodía solar. Dependiendo de la ubicación geográfica y de si se aplica o no el horario de verano, el mediodía solar puede tener lugar entre las 12 del día y las 2 de la tarde.

Los valores del IUV se dividen en categorías de exposición. Los servicios de información meteorológica de un país o de un medio de comunicación pueden informar sobre la categoría de exposición, el valor o intervalo de valores del IUV, o ambos [2].

Tabla 1. Categorías de exposición a la radiación UV.

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

Fuente: Índice UV solar, Guía práctica. OMS, OMM, PNUMA y el ICNIRP. 2003

El Área Metropolitana del Valle de Aburrá recomienda el uso de elementos de protección solar debido a un aumento en la radiación UV, de acuerdo a los registros del sensor de radiación UV (piranómetro), ubicado en la Torre SIATA, actualmente en el Valle de Aburrá se observa un aumento

tanto en la radiación total como en la radiación UV, presentando datos superiores a 11 (nivel extremo) entre las 10:30 a.m. y las 3:30 p.m. [4].

4.2 Factores que modifican la radiación ultravioleta

La calidad y cantidad de radiación ultravioleta que llega a la superficie de la Tierra varía con el ángulo de elevación del sol sobre el horizonte, por lo que la exposición puede cambiar dependiendo de la hora del día, el día del año, y ubicación geográfica (altitud y latitud). También la composición de la atmósfera, la presencia de contaminantes y las condiciones meteorológicas (nubes, lluvia, nieve, etc.) pueden influir en la cantidad de radiación ultravioleta que llega al suelo: pueden absorberlo y, por lo tanto, pueden causar una reducción de la exposición, pero también pueden redirigir los rayos UV con diferentes mecanismos, como la refracción, la difusión y la reflexión [3].

4.2.1 La Altura

Cuanto más alto esté el sol en el cielo, más intensa es la radiación ultravioleta. Así, la intensidad de la radiación ultravioleta varía según la hora del día y la época del año. Fuera de las zonas tropicales, las mayores intensidades de la radiación UV se producen cuando el sol alcanza su máxima altura, alrededor del mediodía solar durante los meses de verano [2].

4.2.2 La Latitud

Cuanto más cerca del ecuador, más intensa es la radiación UV. La radiación UV varía de acuerdo con la ubicación geográfica; sobre la zona ecuatorial (como es el caso de Colombia) los rayos solares caen más directamente que en las latitudes medias y la radiación UV resulta ser más intensa en esa área [8].

4.2.3 Nubosidad

La intensidad de la radiación UV es máxima cuando no hay nubes, pero puede ser alta incluso con nubes. La dispersión puede producir el mismo efecto que la reflexión por diferentes superficies, aumentando la intensidad total de la radiación UV.

4.2.4 La Altitud

A mayor altitud la atmósfera es más delgada y absorbe una menor proporción de radiación UV. Con cada 1000 metros de incremento de la altitud, la intensidad de la radiación UV aumenta en un 10 a 12%. La

altitud también determina la cantidad de radiación UV que se recibe, debido a que en zonas de alta montaña el aire es más limpio y más delgada la capa atmosférica que deben recorrer los rayos solares, por ello llega más UV, de manera que a mayor altitud mayor radiación UV. En promedio, por cada 1000 metros de incremento de la altitud, la radiación UV aumenta entre un 10% a un 12%. Las nubes pueden tener un impacto importante en la cantidad de radiación UV que recibe la superficie terrestre, generalmente las nubes densas bloquean más UV que una nube delgada [8].

4.2.5 El Ozono

El ozono absorbe parte de la radiación UV que podría alcanzar la superficie terrestre. La concentración de ozono varía a lo largo del año e incluso del día [2].

Con base en análisis realizados por el Instituto de Hidrología Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM), a partir de observaciones diarias satelitales desde 1979 y ozonosondeos mensuales (medición de la concentración de ozono desde superficie hasta alturas aproximadas a los 35 kilómetros) realizados desde 1998 en el aeropuerto El dorado de Bogotá, se estableció que los menores valores de ozono total sobre el país se presentan entre diciembre y febrero, lo que permite que lleguen más directamente los rayos ultravioleta a la superficie del territorio nacional. Cabe resaltar que el ozono total en la atmósfera varía a lo largo del año sobre el país y el mes de enero se caracteriza por presentar los valores más bajos, en el rango de 235 a 245 Unidades Dobson (U.D. unidad de medida para determinar la cantidad de ozono en toda la columna atmosférica); a partir de febrero se presenta un aumento gradual del ozono total sobre el territorio nacional hasta el mes de agosto que es cuando se presentan los máximos valores durante el año, en el rango de 270 a 285 U.D.

A partir de septiembre empieza nuevamente la disminución del ozono total hasta el mínimo que se presenta en enero. Teniendo en cuenta lo anterior y debido a que la radiación UV se incrementa con la altitud y a que al final y a principios de año (periodo entre diciembre y febrero) la Tierra está más cerca al Sol, se debe tener especial cuidado en esas épocas del año, ya que se presentan altos valores de radiación UV-B, especialmente en zonas de montaña de Antioquia, santanderes, Boyacá, Cundinamarca, Eje Cafetero, Tolima, Huila, Chocó, Valle, Cauca y Nariño y en ciudades como Pasto y Bogotá. Durante estos meses (específicamente desde mediados de diciembre hasta mediados de marzo), en los cuales además predomina el tiempo seco en gran parte del

país, es típico que para el Índice de Radiación Ultravioleta (IUV) se presenten en promedio valores de 9 y 10, en una escala entre 1 y 15, en el lapso de 10 de la mañana a las 4 de la tarde, pero además, cuando se presentan cielos despejados relacionados con la temporada seca, se pueden llegar a presentar valores de 11, 12 y más en el indicador, valor catalogado como de alto riesgo de acuerdo con las especificaciones internacionales de la Organización Mundial de la Salud (OMS) y la Organización Meteorológica Mundial (OMM). Con base en lo anterior, se recomienda evitar la exposición al Sol por periodos superiores a 15 minutos durante esos meses, especialmente en las horas del mediodía, así como protegerse de los rayos solares usando protectores [8].

4.3 Radiación ultravioleta ocupacional

A nivel internacional se han realizado estudios sobre la radiación ultravioleta ocupacional y sus principales efectos sobre la salud en los trabajadores al aire libre, estos artículos se convierten en un guía teórica y metodológica para esta investigación. Autores de un estudio realizado con trabajadores de construcción en Canadá durante el año 2013, definen que las personas que realizan actividades al aire libre tienen un alto riesgo de exposición a la radiación solar ultravioleta (UVR), un carcinógeno humano conocido. En Canadá, no hay medidas objetivas de exposición a radiación ultravioleta solar disponibles para entornos ocupacionales.

La relación entre el trabajo al aire libre y el riesgo del melanoma es clara. La mayoría de los estudios sobre la exposición ocupacional a la radiación ultravioleta utilizan el auto informe o el tiempo pasado al aire libre como su métrica de exposición. Sin embargo, las mediciones de exposición personal muestran una gran variabilidad en la dosis de radiación ultravioleta solar, y los factores ambientales contribuyen a esta variabilidad.

Otros estudios importantes sobre los docentes en Australia plantean algunos postulados importantes para la presente investigación como: maestros situados en Queensland, quiénes están expuestos a altos niveles de ultravioleta solar ambiental como parte del requisito ocupacional de proporcionar supervisión a los niños durante el almuerzo y el descanso.

Se investiga la relación entre los periodos de exposición al aire libre y la radiación solar ambiental disponible a través de las diferentes clasificaciones de enseñanza y escuelas, en relación con el diario radiación ultravioleta solar ocupacional, y el estándar de protección de 30 J / m².

Los hábitos diarios de exposición al sol y los datos personales Las exposiciones radiantes se monitorearon usando dosímetros calibrados de polisulfona (n = 474) en 57 docentes de 6 diferentes escuelas ubicadas en el norte tropical y el sur de Queensland. Los patrones diarios de exposición radiantes a los grupos de enseñanza se compararon con el Índice UV de ambiente.

Las exposiciones de radiación diarias medias fueron 15 J / m² y 5 J / m² (HICNIRP) para las escuelas ubicadas en el norte y el sur de Queensland, respectivamente. De los 474 días analizados, se encontró que el 23,0% excedía el nivel de radiación solar, con la prevalencia más alta encontrada entre los profesores de educación física (57,4% dosímetro-días), seguidos por los auxiliares de maestros (22,6% dosímetro-días) y maestros (18,1% dosímetro-días) [6]

4.4. Efectos sobre la salud asociados a radiación ultravioleta solar

La Organización Mundial de la Salud. Declara:

“En el ser humano, una exposición prolongada a la radiación UV solar puede producir efectos agudos y crónicos en la salud de la piel, los ojos y el sistema inmunitario. Las quemaduras solares y el bronceado son los efectos agudos más conocidos de la exposición excesiva a la radiación UV; a largo plazo, se produce un 16 envejecimiento prematuro de la piel como consecuencia de la degeneración de las células, del tejido fibroso y de los vasos sanguíneos inducida por la radiación UV. La radiación UV puede producir también reacciones oculares de tipo inflamatorio, como la queratitis actínica. Los efectos crónicos comprenden dos grandes problemas sanitarios: los cánceres de piel y las cataratas. Cada año, se producen en todo el mundo entre dos y tres millones de casos de cáncer de piel no melanoma y aproximadamente 132 000 casos de cáncer de piel melanoma. Los cánceres de piel no melanoma se pueden extirpar quirúrgicamente y rara vez son mortales, pero los melanomas malignos contribuyen de forma sustancial a la mortalidad en las poblaciones de piel clara” [2].

4.5.1 Eritema

El eritema, o “quemadura solar”, es un enrojecimiento de la piel que normalmente aparece de cuatro a ocho horas después de la exposición a la RUV y desaparece gradualmente al cabo de unos días. Las quemaduras solares intensas provocan formación de ampollas y desprendimiento de la piel. La UVB y la UVC son unas 1.000 veces más eficaces que la UVA como

agentes causantes de eritema, pero el eritema producido por la UVB, de mayor longitud de onda (295 a 315 nm) es 17 más intenso y persiste durante más tiempo. Esta mayor intensidad y duración se deben a que la penetración de esta radiación de mayor longitud de onda en la epidermis es más profunda [7].

4.5.2 Fotosensibilización.

Los especialistas de la salud en el trabajo encuentran con frecuencia efectos adversos por exposición de origen profesional a la RUV en trabajadores fotosensibilizados. El tratamiento con ciertos medicamentos puede producir un efecto sensibilizante en la exposición a la UVA, lo mismo que la aplicación tópica de determinados productos, como algunos perfumes, lociones corporales, etc. Las reacciones a los agentes sensibilizantes pueden implicar, fotoalergia (reacción alérgica de la piel) y fototoxicidad (irritación de la piel) tras la exposición a la RUV de la luz solar o de fuentes industriales de RUV (también son frecuentes las reacciones de fotosensibilidad durante el empleo de aparatos de bronceado). Esta fotosensibilización cutánea puede estar producida por cremas o pomadas aplicadas a la piel, por medicamentos ingeridos por vía oral o inyectados, o por el uso de inhaladores bajo prescripción médica [7].

4.5.3 Enfermedades dermatológicas

Quemaduras solares, bronceado y envejecimiento de la piel. El efecto agudo más conocido de la exposición excesiva a la radiación UV es el eritema, el familiar enrojecimiento de la piel que se conoce como quemadura solar. Además, la mayoría de las personas adquirirán un bronceado como resultado de la estimulación de la producción de melanina que tiene lugar tras unos pocos días de exposición a la radiación UV. Otro efecto de adaptación menos evidente es el engrosamiento de las capas más externas de la piel, que atenúa la penetración de la radiación UV a las capas más profundas. Ambos efectos son señal de que la piel ha sufrido daños. El tiempo de eritema y la capacidad de adaptación a la exposición a la radiación UV varían mucho de unas personas a otras, dependiendo de su tipo de piel. La exposición crónica a la radiación UV ocasiona también varios cambios de tipo degenerativo en las células, el tejido fibroso y los vasos sanguíneos de la piel, como las pecas y nuevos (zonas pigmentadas de la piel), y los lentigos (pigmentación parda difusa). La radiación UV acelera el envejecimiento de la piel y la pérdida gradual de su elasticidad produce arrugas y una piel seca y áspera [2].

4.5.4 Cánceres de piel no melanoma.

Los cánceres de piel no melanoma (CPNM) comprenden los carcinomas de células basales y los carcinomas de células escamosas. Aunque raramente son mortales, el tratamiento quirúrgico es doloroso y a menudo desfigurante. Es difícil determinar la evolución en el tiempo de la incidencia de los CPNM porque no se ha logrado un registro fiable de estos tipos de cáncer [1].

4.5.5 Melanoma maligno

El melanoma maligno (MM), aunque mucho menos frecuente que los CPNM, es la principal causa de muerte por cáncer de piel y su notificación y diagnóstico correcto es más probable que en los CPNM. Desde comienzos de los años setenta, la incidencia de MM ha aumentado significativamente; por ejemplo, en los Estados Unidos ha aumentado por término medio un 4% anual. Numerosos estudios indican que existe una asociación estadística entre el riesgo de MM y características genéticas y personales, así como con los hábitos personales de exposición a la radiación UV.

4.5.6 Enfermedades oculares

Los ojos están hundidos en las órbitas y protegidos por el arco superciliar, las cejas y las pestañas. La luz intensa activa la constricción pupilar y el reflejo de cierre parcial de los párpados para minimizar la penetración de los rayos del sol en el ojo. Sin embargo, en condiciones extremas, como las de una cama solar o una gran reflexión por la arena, el agua o la nieve, la eficacia de estas defensas naturales contra los peligros de la radiación UV es limitada. La fotoqueratitis y la fotoconjuntivitis son efectos agudos de la exposición a la radiación UV. Estas reacciones inflamatorias de los tejidos "seudocutáneos" extremadamente sensibles del globo ocular y de los párpados son parecidas a las de una quemadura solar y habitualmente aparecen pocas horas después de la exposición. Ambas reacciones pueden ser muy dolorosas, pero son reversibles y no ocasionan daños a largo plazo en el ojo ni en la visión. La "queratitis por soldadura al arco" y la "ceguera de la nieve" son formas extremas de fotoqueratitis. Las cataratas son la principal causa de ceguera en todo el mundo. Se produce una desnaturalización de las proteínas del cristalino, que se disgregan y acumulan pigmentos, aumentando la opacidad del cristalino y acabando por producir ceguera. Aunque la mayoría de las personas presentan un mayor o menor grado de cataratas al envejecer, la exposición al sol, particularmente la exposición a la radiación UVB, es al parecer uno de los principales factores de riesgo de padecer cataratas [2]

4.5.7 Sistema inmunológico

El sistema inmunitario es el mecanismo de defensa del organismo contra las infecciones y el cáncer, y normalmente reconoce y responde de forma muy eficaz a los microorganismos invasores o a la aparición de un tumor. Aunque los datos son aún preliminares, hay cada vez más pruebas de la existencia de un efecto inmunodepresor sistemático por la exposición a la radiación UV, tanto aguda como de dosis baja. Experimentos con animales han demostrado que la radiación UV puede modificar el curso y la gravedad de los tumores cutáneos. Además, las personas tratadas con medicamentos inmunodepresores presentan una mayor incidencia de carcinoma de células escamosas que la población normal. En consecuencia, además de su papel iniciador del cáncer de piel, la exposición al sol puede reducir las defensas del organismo que normalmente limitan el desarrollo progresivo de los tumores cutáneos. Varios estudios han demostrado que la exposición a niveles medioambientales de radiación UV altera la actividad y distribución de algunas de las células responsables de desencadenar las respuestas inmunitarias en el ser humano. En consecuencia, la exposición al sol puede aumentar el riesgo de infecciones víricas, bacterianas, parasitarias o fúngicas, según se ha comprobado 18 en diversos experimentos con animales. Asimismo, especialmente en los países en desarrollo, niveles altos de radiación UV pueden reducir la eficacia de las vacunas. Dado que muchas enfermedades prevenibles por vacunación son extremadamente infecciosas, cualquier factor que disminuya, aunque sea levemente, la eficacia de las vacunas puede tener un gran impacto en la salud pública [2]

4.6 Tópicos asociados a exposición a la radiación ultravioleta solar.

En países en los que los niveles de radiación ultravioleta son altos y en los que la mayoría de la población está informada sobre la radiación ultravioleta y la protección solar, puede introducirse un nuevo concepto para aumentar la variabilidad. Así se hizo en Australia en el año 2000. Este enfoque se centra en las horas del día durante las cuales el Índice Radiación Ultravioleta superior a un determinado valor umbral. Un día el IUV puede alcanzar un valor superior a 3 durante no más de 30 minutos, mientras que otro día puede permanecer por encima de 3 durante varias horas. En este caso, las recomendaciones a la población subrayan la necesidad de adoptar medidas de foto protección durante estas horas [2].

4.6.1 Tipología de la piel

Desde el punto de vista de la salud pública, es especialmente importante proteger a los grupos de población más vulnerables. Teniendo en cuenta que, según se ha comprobado, más del 90% de los cánceres de piel no melanoma se producen en los fototipos I y II, según metodología Fitzpatrick, los mensajes de protección básicos asociados con el índice de radiación ultravioleta, deben dirigirse a las personas de piel clara más propensas a las quemaduras.

Aunque las personas de piel oscura tienen menor incidencia de cáncer de piel, también son sensibles a los efectos nocivos de la radiación UV, especialmente a los que afectan a los ojos y al sistema inmunológico. Las necesidades particulares de otros grupos demográficos podrán abordarse mediante recomendaciones adicionales de ámbito nacional o local.

En estas recomendaciones deberán tenerse en cuenta las diferencias de clima y cultura, la percepción de los riesgos de la radiación UV por la población y el grado de desarrollo de la educación sobre protección contra el sol [2].

4.6.2 Métodos de investigación de RUV

En el estudio desarrollado en Canadá se tuvieron en cuenta los siguientes aspectos: "Los trabajadores completaron un cuestionario que proporcionó datos demográficos, factores de riesgo de cáncer de piel, características del trabajo y comportamientos de protección solar en el trabajo, así como en el tiempo libre. Además, las previsiones meteorológicas, incluido el índice UV, se registraron en Environment Canada para cada día de muestreo. El presente estudio se centra en las mediciones de exposición de las placas del dosímetro de radiación ultravioleta. En Queensland, los tiempos de exposición al aire libre del personal docente corresponden a períodos de índice de radiación extremo. La norma de exposición radiológica HICNIRP ocupacional diaria fue superada en todas las escuelas y todas las clasificaciones docentes.

Se tomaron medidas objetivas de exposición durante una semana utilizando dosímetros electrónicos UVR calibrados. Se obtuvieron datos adicionales de los trabajadores sobre los factores de riesgo de cáncer de piel, los antecedentes familiares de cáncer de piel y el tipo de trabajo; así como datos meteorológicos para los días de muestreo. Se construyeron modelos marginales para examinar el trabajador, el trabajo y los valores meteorológicos de los niveles de exposición a la radiación UV, medidos en la dosis eritemática estándar (SED).

Los datos de exposición a radiación ultravioleta solar se recogieron usando dosímetros electrónicos personales (Mark II). La funcionalidad de los dosímetros se describe en otra parte (Allen y McKenzie, 2005), pero brevemente, se detecta UVR utilizando fotodiodos de nitruro de aluminio, que tienen una respuesta espectral que coincide estrechamente con el espectro de acción eritematosa (quemadura de piel) humana (McKinlay y Diffey, 1987). Los dosímetros contienen un procesador con un convertidor analógico que permite la lectura de la radiación UV a intervalos de muestreo 23 pre-especificados (Sherman, 2012). Las medidas analógicas se convirtieron en índice UV mediante calibración lado a lado con un espectrofotómetro Brewer (Canada Environment, 2014). El espectrofotómetro mide irradiación UV espectral (entre 295 y 325 nm) cada 10-20 minutos durante el día. Los dosímetros son inalámbricos y de registro de datos, y fueron programados para tomar una medición una vez por minuto entre las 8 AM y las 5 PM. Cada medida por minuto se convirtió en una medida del índice UV a través de la curva de calibración, y la dosis eritematosa estándar (SED) para cada día se calculó sumando cada SED por minuto por día [5]

4.6.3 Límites permisibles

De acuerdo con estudios recientes, los trabajadores al aire libre tienen una exposición relevante a radiación solar y los niveles de exposición exceden en gran medida el límite de 30 J / m², exposición radiante efectiva (Heff) referida a una exposición diaria de 8 h. Este límite se estableció en la Directiva Europea 2006/25 / EC para prevenir los efectos adversos de la radiación óptica artificial no coherente con una longitud de onda de 180-400 nm (UVA, UVB y UVC). Se estima que alrededor de 14.5 millones de trabajadores en Europa están expuestos a SR durante al menos el 75% de su tiempo de trabajo, la gran mayoría de los cuales (90%) son en general hombres. Los datos de la Agencia Europea para la Seguridad y la Salud en el Trabajo muestran que la RUV es un carcinógeno en 36 sectores de empleo de la Unión Europea y para 11 de ellos ocupa el primer lugar entre los demás carcinógenos [3].

Por su parte en Latinoamérica, el Ministerio de Salud de Chile, presenta una legislación avanzada en materia de riesgo por radiación ultravioleta solar, comparados con sus vecinos, entre ellas se encuentra: "Reglamento sobre condiciones sanitarias y ambientales básicas en los lugares de trabajo", de 1999 del Ministerio de Salud. Artículo 109: El límite permisible máximo para exposición ocupacional a radiaciones ultravioleta, dependerá de la región del espectro de acuerdo a las siguientes tablas [7]:

Tabla 2. Límites permisibles para piel y ojos. (Longitud de Onda 320nm a 400nm)

Tiempo de Exposición	Densidad de Energía o Potencia
Menor de 16 minutos	1 J/cm ²
Mayor de 16 minutos	1 mW/cm ²

Fuente: Asociación Chilena de Seguridad. Programa de Protección y Prevención contra la Exposición Ocupacional a Radiación UV

Tabla 3. Límites permisibles para piel y ojos. (Longitud de Onda 320nm a 400nm)

Tiempo de Exposición	Densidad de potencia (μW/cm ²)
8 Horas	0.1
4 Horas	0.2
2 Horas	0.4
1 Horas	0.8
30 minutos	1.7
15 minutos	3.3
10 minutos	5.0
5 minutos	10
1 minutos	50
30 segundos	100
10 segundos	300
1 segundo	3000
0.5 segundo	6000
0.1 segundo	30000

Fuente: Asociación Chilena de Seguridad. Programa de Protección y Prevención contra la Exposición Ocupacional a Radiación UV

4.6.3.1 Valores Limite Permisibles (ACGIH)

Estos TLVs se refieren a la radiación ultravioleta con longitudes de onda entre 180 y 400 nm y representan las condiciones bajo las cuales se cree que casi todos los trabajadores sanos pueden estar expuestos repetidamente sin efectos agudos adversos para la salud tales como eritema y fotoqueratitis. Algunas fuentes de ultravioleta son soldaduras y arcos de carbón, lámparas fluorescentes, incandescentes y germicidas y radiación solar.

Los TLVs, se deben usar como guías para controlar la exposición a fuentes de rayos ultravioleta y no deben considerarse como líneas finas entre niveles seguros y peligrosos.

5. Metodología

Se realizó un estudio descriptivo transversal con enfoque cuantitativo, con los docentes los docentes de las áreas de educación física, recreación y deportes, de 21 de las 28 instituciones educativas públicas del municipio de Bello - Antioquia, durante el año 2019. Se obtuvo el aval institucional de la Secretaria de Educación del Municipio de Bello, para generar el acercamiento con las instituciones educativas y reclutar a los docentes interesados en participar de manera voluntaria en el estudio. El total de la población fue de 70 maestros distribuidos en 28 instituciones educativas del municipio, para los cuales se estableció una muestra de 37 docentes (52,8%) empleados en 21 colegios públicos (55%) que participaron voluntariamente en el estudio, se estableció una muestra a conveniencia, con un nivel de la confianza del 90% y un error del 10%. Como criterio de inclusión los docentes se encuentran realizando labores de enseñanza en educación básica primaria o secundaria, sin importar el tipo de vinculación con la secretaria de educación.

Se aplicaron técnicas de recolección de información primaria, así: 1) Encuesta estructurada de perfil sociodemográfico, características individuales, condiciones de trabajo, percepción y conocimiento del riesgo, asociados a radiación ultravioleta solar: "*cuestionario de valoración de exposición a radiación ultravioleta solar*", 2) Se realizaron mediciones directas de radiación ultravioleta en los puestos de trabajo de los docentes, durante cuatro meses del 2019, iniciando en el mes de mayo hasta agosto. El monitoreo se realizó con un medidor de radiación ultravioleta solar PC-UV 34 previamente calibrado y siguiendo los procedimientos técnicos definidos por el manual del fabricante. 3) Para las mediciones ambientales, entre las técnicas de recolección secundaria se realizó una revisión de los datos de índice de radiación ultravioleta reportados por el pirómetro del Sistema de Alertas Tempranas de Valle de Aburrá (SIATA), información de dominio público, para la ciudad de Medellín durante los días de toma de mediciones individuales en lugares habituales de trabajo de los docentes.

El "*cuestionario de valoración de exposición a radiación ultravioleta solar*" fue enviado de forma masiva a todos los docentes vinculados con la Secretaria de Educación del Municipio de Bello de manera digital vía correo electrónico. Para la construcción del mismo, se realizó una

adaptación de dos instrumentos públicos utilizados para este fin: a.) *La encuesta de perfil sociodemográfico de chequeo para valorar y clasificar exposiciones*, en el anexo específico para exposición a radiación ultravioleta solar desarrollada por el Instituto de Salud Pública de Chile en encargo del Ministerio de Salud de Chile y b.) *La encuesta periódica de percepción de los efectos en la salud por la exposición a radiación ultravioleta*, desarrollada por la Secretaria de Salud de la Alcaldía Mayor, Bogotá D.C.

Para las condiciones sociodemográficas y características individuales, se consideraron variables como sexo, edad, nivel de estudio, tipología de la piel la cual se determinó con la aplicación de la metodología Fitzpatrick, donde se clasifican seis fototipos de piel diferentes, basados en la pigmentación de la piel, la capacidad de broncearse y la rapidez de las quemaduras solares en los individuos [10]. Además, se incluyeron los factores antecedentes familiares de cáncer de piel, uso de cámara de bronceo, y autoreporte de signos y síntomas. Las variables de interés en este estudio fueron definidas como: enfermedad en la piel, afecciones oculares, aparición de pecas y aparición de manchas en zonas de la piel expuestas al sol. Dentro de las condiciones de trabajo se tuvieron en cuenta, jornada laboral, días de exposición/semana, horas de exposición/día, tipo de práctica deportiva, antigüedad en el cargo, existencia de sombra en el lugar de trabajo y descanso habitual, presencia de materiales reflectantes, características de los escenarios deportivos de las instituciones educativas y los lugares de trabajo en caso de realizar actividades de trabajo fuera de los colegios, además del suministro de elementos de protección personal por parte del empleador. Sobre el conocimiento y percepción del riesgo se aplicó el cuestionario que evaluó conceptos teóricos sobre radiación ultravioleta solar relacionados con, elementos determinantes en la intensidad de la radiación, origen de la radiación UV, redes de información sobre índice de radiación y métodos de protección utilizados de manera frecuente.

Las mediciones individuales de radiación UV se realizaron con el medidor PCE- UV34 para radiación ultravioleta UVA – UVB. Este medidor de radiación opera con una longitud de onda entre 290 nm – 390 nm, el rango de medición es de 2 mW/cm² o 20 mW/cm². Dichas mediciones se realizaron en los lugares habituales de trabajo de los docentes, durante su jornada laboral entre las 10:00 am – 3:00 pm, con 5 minutos de duración cada medición. Los lugares de toma variaron para los diferentes

docentes e instituciones educativas, entre canchas de la institución educativa (con y sin techo), escenarios deportivos para deportes específicos como (voleibol, baloncesto, piscina, cancha de futbol sala), gimnasio, parque recreativo y polideportivo del municipio. Las mediciones realizadas se reportaron en un diario solar, donde se consignaron los siguientes datos: fecha y hora de la medición, institución educativa, georreferenciación del lugar, estado del tiempo, índice de radiación ultravioleta solar (recuperado de SIATA), lecturas máxima y mínima de radiación UV en el puesto de trabajo, tiempo máximo de exposición de acuerdo con la medición y registro fotográfico.

Para el análisis estadístico de los datos se realizaron: en las variables cualitativas se obtuvieron frecuencias absolutas y relativas; para las variables cuantitativas, medidas de tendencia central entre ellas media, mediana, desviación estándar y amplitud intercuartílica. Se utilizó la prueba de Shapiro Wilk para identificar la normalidad en la distribución de los datos. Para encontrar asociaciones de los factores: características individuales, condiciones de trabajo, mediciones de radiación ultravioleta solar, valores límite permisibles, conocimiento y percepción del riesgo, con las cuatro variables de desenlace o signos y síntomas definidas como: a) enfermedad en la piel, b.) afecciones oculares, c) aparición de pecas y d) aparición de machas, y se empleó la prueba de Chi cuadrado para evaluar de independencia. En las asociaciones entre las variables cuantitativas se efectuó la prueba t de Studentet para variables que presentaron una distribución normal y la prueba U de Mann Withney para las que no presentaron dicha distribución. Fueron candidatas al modelo de regresión aquellas que cumplieron con un valor $p < 0,25$ de acuerdo con el criterio de Hosmer-Lemeshow.

Para desarrollar el modelo de regresión logística que logra dar respuesta al objetivo final de la investigación, se corrieron modelos de regresión logística simple con las variables candidatas para cada variable de desenlace de la siguiente forma: a) para la variable desenlace enfermedad en la piel fueron candidatas edad, género, conocimiento del riesgo, uso de crema protectora, techo en escenarios deportivos dentro de la institución educativa, b) para afección ocular fueron candidatas, sexo y sombra en el trabajo, c) en el caso de aparición de pecas en la piel fueron candidatas, tiempo máximo de exposición, sexo, sombra en el trabajo, uso de crema protectora y conocimiento del riesgo, d) para aparición de manchas en la piel fueron candidatas, tiempo máximo de exposición, uso

de crema protectora y conocimiento del riesgo. Se tomaron como variables significativas aquellas que obtuvieron un valor $p < 0,1$ para cada uno de los signos y síntomas.

Finalmente se realiza el modelo de regresión logística múltiple para cada variable de interés, donde se evaluó la significancia del modelo a través de la Prueba Omnibus donde un valor p menor a $0,10$ indicaba que el modelo es significativo, el pseudo R^2 de Nagelkerke se analizó para indicar cuanto realmente explica el modelo la variabilidad de los factores y la prueba de bondad de ajuste, se verificó a través de la prueba de Hosmer-Lemeshow. El modelo de afecciones oculares no presentó variables significativas, finalmente quedan los modelos enfermedad en la piel, aparición de pecas y aparición de manchas. Se corrieron en total 15 modelos y se presenta el modelo final estimado para los signos y síntomas antes mencionados. Por último, se evaluó confusión, interacción y colinealidad entre las variables del modelo final.

El reporte de los datos y el análisis estadístico, se elaboró por medio del software SPSS IBM versión 21 y el programa Excel 2013, este proyecto conto con la aprobación del Comité de Ética de la Facultad Nacional de Salud Pública, en la sesión 207 del 15 de marzo de 2019, y se ajustó a los lineamientos éticos de la Resolución 8430 de 1993 del Ministerio de Salud de Colombia, por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para investigación en salud. El comité da aval al proyecto en la categoría de riesgo mínimo según la Resolución 8430 del Ministerio de Salud. En el desarrollo de la investigación no hubo afectación, con intención de riesgo biológico, fisiológico y psicológico de los participantes en el estudio. El proyecto de investigación cuenta con consentimiento informado según lo establecido en los artículos 15 y 16 de la Resolución 8430 de 1993.

6. Resultados

6.1 Características individuales y condiciones de trabajo.

6.1.1. Características de persona - Signos y síntomas.

Los docentes de área de educación física y deportes del municipio de Bello, tienen una edad promedio de 43,52 años (DE 9,33), con un rango de edad entre 25 y 62 años. El 62,2%(23) de los docentes, son hombres y cuentan con estudios posgraduales, el 56,8%(21) presentan una tipología de la piel II y III (sensibilidad alta de acuerdo a la metodología Fitzpatrick), y los restantes tipos IV y V sensibilidad moderada. El 89,2% (33) de los docentes no presentan antecedentes familiares de cáncer de piel conocidos, y la totalidad de la población no reconocen el uso de cámaras de bronceo entre sus hábitos.

Un porcentaje del 70,3%(26) de los docentes manifestaron haber padecido de quemaduras solar de piel por causa de su trabajo, el 27%(10) fueron diagnosticados con algún tipo de enfermedad dérmica por exposición al sol, el 18,9%(7) han presentado afecciones oculares como pterigio y cataratas, el 67,6%(25) de los docentes presentaron aparición de pecas en la piel expuesta y el 78,4%(29) manchas en la piel derivadas exposición al sol en su trabajo. Al indagar por la presencia de tonos diferentes en la piel expuesta y no expuesta al sol, el 89,2%(33) de los docentes aseguraron presentar este efecto en su cuerpo. La descripción ampliada de las características individuales de los docentes, relacionadas con los auto reportes de signos y síntomas causados por exposición a radiación ultravioleta solar se pueden revisar en la Tabla1.

Tabla 4. Características de persona y autoreporte de signos y síntomas, de docentes del área de educación física y deportes. Municipio de Bello, 2019.

	Enfermedad de piel		Afección ocular		Aparición de pecas piel expuesta		Aparición de manchas	
	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si
Género								
Mujer	8 (57,1)	6 (42,9)	13 (92,9)	1 (7,1)	2 (14,3)	12 (85,7)	2 (14,3)	12 (85,7)

Hombre	19 (82,6)	4 (17,4)	17 (73,9)	6 (26,1)	10 (43,5)	13(56,5)	6 (26,1)	17 (73,9)
Tipología de la piel								
Fototipo II y III	17 (81)	4 (19)	18 (85,7)	3 (14,3)	7 (33,3)	14 (66,7)	4 (19,0)	17 (81)
Fototipo VI y V	10 (62,5)	6 (37,5)	12 (75)	4 (25)	5 (31,3)	11 (68,8)	4 (25)	12 (75)
Antecedente familiar cáncer de piel								
No	24 (72,7)	9 (27,3)	26 (78,8)	7 (21,2)	11 (33,3)	22 (66,7)	7 (21,2)	26 (78,8)
Si	3 (75)	1 (25)	4 (100)	0 (0)	1 (25)	3 (75)	1 (25)	3 (75)

6.2. Condiciones de trabajo

El 94,6%(35) de los docentes tiene un tipo de contrato a término indefinido (vinculación en propiedad del cargo) con la Secretaria de Educación del Municipio de Bello, sobre la antigüedad en el cargo el 64,9%(24) de ellos llevan más de 9 años laborando en el área de educación física y deportes, el 21,6%(8) llevan entre 3 y 9 años. El 70,3%(26) enseñan a estudiantes de básica secundaria, 67,6%(25) desarrollan sus actividades en la jornada de la mañana, y 97,3%(36) de los docentes declararon practicar u orientar actividad física con exposición al sol, dentro de su jornada laboral habitual.

Referente a los escenarios deportivos dentro de las instituciones educativas del municipio, el 54,1%(20) de los docentes no contaban con espacios deportivos cubiertos dentro de las instituciones educativas donde laboran, y el 59%(22) docentes reconocen no tener techo para sus clases, esto incluye las actividades desarrolladas por los docentes por fuera de la intuición, en vía pública u otros escenarios deportivos, el 13,5%(5) reportan no tener sombra en el lugar establecido para sus descansos en la jornada laboral, los cuales tienen una duración de 30 y 15 minutos respectivamente. La totalidad de los escenarios deportivos de las instituciones educativas presentan algún tipo de material reflectante de radiación ultravioleta solar principalmente pisos en asfalto o cemento, piscina y elementos metálicos. Se pueden observar las condiciones de trabajo, y los autoreportes de signos y síntomas en la Tabla 2.

Tabla 5. Condiciones de trabajo y auto reporte de signos y síntomas de docentes del área de educación física y deportes. Municipio de Bello, 2019.

	Enfermedad de piel		Afección ocular		Aparición de pecas en la piel		Aparición de manchas	
	N (%)							
	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si
Antigüedad cargo								
Menos de 3 años	3 (60)	2 (40)	4 (80)	1 (20)	2 (40)	3 (60)	1 (20)	4 (80)
Entre 3 y 9 años	7 (87,5)	1 (12,5)	8(100)	0 (0)	3 (37,5)	5 (62,5)	1 (12,5)	7 (87,5)
Más de 9 años	17 (70,8)	7 (29,2)	18 (75)	6 (25)	7 (29,2)	17 (79,8)	6 (25)	18 (75)
Grados que orienta								
Básica primaria	8 (72,7)	3 (27,3)	9 (81,8)	2 (18,2)	3 (27,3)	8 (72,7)	3 (27,3)	8 (72,7)
Básica secundaria	19 (73,1)	7 (26,9)	21(80,8)	5 (19,2)	9 (34,6)	17 (65,4)	5 (19,2)	21 (80,8)
Jornada laboral								
Tarde	17 (68)	8 (32)	20 (80)	5 (20)	7 (28)	18 (72)	5 (20)	20 (80)
Mañana	10 (83,3)	2 (16,7)	10(83,3)	2 (16,7)	5 (41,7)	7 (58,3)	3 (25)	9 (75)
Techo en la IE								
No	12 (60)	8 (40)	16 (80)	4 (20)	5 (25)	15 (75)	3 (15)	17 (85)
Si	15 (88,2)	2 (11,8)	14 (82,4)	3 (17,6)	7 (41,2)	10 (58,8)	5 (29,4)	12 (70,6)
Sombra en trabajo								
No	9 (64,3)	5(35,7)	14 (100)	0 (0)	7 (50)	7 (50)	4 (28,6)	10 (71,4)
Si	18(78,3)	5(21,7)	16 (69,6)	7(30,4)	5(21,7)	18 (78,3)	4 (17,4)	19 (82,6)
Sombra en descanso								
No	5 (100)	0(0)	5(100)	0 (0)	1 (20)	4 (80)	1(20)	4(80)
Si	22(68,8)	10(31,3)	25 (78,1)	7 (21,9)	11(34,4)	21 (65,6)	7(21,9)	25(78,1)

IE: Institución Educativa

6.3 Valoración potencial del riesgo

Los docentes del área de educación física en promedio se exponen 3,27 horas/día (DE 0,20) y 4,30 día/semana (DE 0,23) durante su jornada

laboral, la media de las lecturas máximas y mínimas de radiación ultravioleta solar medidas en los lugares de trabajo fueron: 3,44 mW/cm² (DE 0,3) y 2,37 mW/cm² (DE 0,3) respectivamente. Al realizar la comparación con los niveles límite permisibles (TLV) establecidos por la Conferencia Americana de Higienistas Industriales Gubernamentales ACGIH, el tiempo máximo de exposición medio para dichas lecturas de radiación ultravioleta solar son: 95,7 minutos (DE 17,3) y 320,3 minutos (DE 114,3). En la Tabla 3. Se encuentra el auto reporte de signos y síntomas en relación con el tiempo máximo de exposición a radiación ultravioleta solar (TLV), de acuerdo a la medición crítica y la más baja realizada en el puesto de trabajo.

Tabla 6. Auto-reporte de signos y síntomas relacionados con tiempo máximo de exposición a radiación ultravioleta solar (TLV).

	Enfermedad de piel		Afección ocular		Aparición de pecas en la piel expuesta		Aparición de manchas	
	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si
TLV. Lectura máxima (horas)								
Media (DE)	1,68(0,34)	1,37(0,54)	1,52(0,32)	1,83(4,98)	1,31(0,41)	0,05(0,27)	1,16(0,52)	1,69(0,34)
Mediana	0,88	0,63	0,87	0,88	0,72	0,89	0,71	0,88
Mín./Máx.*	0,55/6,11	0,52/6,11	0,52/6,11	0,55/4,36	0,53/4,36	0,52/5,58	4,36/4,36	0,54/6,11
TLV. Lectura mínima (horas)								
Media (DE)	6,09(2,60)	2,71(1,61)	5,49(2,34)	4,73(2,21)	3,06(1,37)	6,54(2,84)	2,67(2,67)	6,02(1,25)
Mediana	1,47	1,13	1,29	1,47	1,18	1,47	0,86	1,47
Mín./Máx.	42,1/0,70	0,57/16,9	0,57/4,44	0,59/13,32	34,5/13,32	13,32/61,11	0,70/13,28	0,57/61,11

TLV: Valor límite permisible de tiempo de exposición al sol acuerdo a la medida de a radiación ultravioleta solar.

Lectura 1: Medición de radiación ultravioleta mínima en el puesto de trabajo (m W/ cm²)

Lectura 2: Medición de radiación ultravioleta máxima en el puesto de trabajo (m W/ cm²)

*Mín/Máx.: Valores mínimos y máximos de las lecturas 1 y 2.

6.4 Uso de elementos de protección personal, conocimiento y percepción del riesgo.

Sobre el uso de elementos de protección personal como barreras protectoras frente a la radiación ultravioleta solar se obtuvieron los siguientes resultados: el 43,2% (16) no usan sombrero o gorra de manera habitual, por su parte el 59,5%(22) no visten camisa de manga larga, no usan pantalón largo 24,3% (9), el 81,1% (30) no emplean gafas con protector UV, no se aplican crema protectora 37,8%(14), y no portan guantes el 97,3%(36) de manera frecuente, cuando se exponen al sol en su trabajo. El 91,9%(34) de los docentes no reciben ningún tipo de elemento de protección personal por parte de su empleador.

Tabla 7. Uso de elementos de protección personal, auto-reporte de signos y síntomas de docentes del área de educación física y deportes. Municipio de Bello, 2019.

Uso de Elementos de Protección Personal	Enfermedad de piel		Afección ocular		Aparición de pecas en la piel expuesta		Aparición de manchas en la piel expuesta	
	n(%)							
	No	Si	No	Si	No	Si	No	Si
Sombrero								
No	13 (81,3)	3 (18,8)	13 (81,3)	3 (18,8)	4 (25)	12 (75)	3 (18,8)	13 (81,3)
Si	14 (66,7)	7 (33,3)	17 (81)	4 (19,0)	8 (38,1)	13(61,9)	5 (23,8)	16 (76,2)
Camisa manga larga								
No	15 (68,2)	7 (31,8)	19 (86,4)	3 (13,6)	7 (31,8)	15 (68,2)	6 (27,3)	16 (72,7)
Si	12 (80,0)	3 (20,0)	11 (73,3)	4 (26,7)	5 (33,3)	10 (66,7)	2 (13,3)	13 (86,7)
Gafas con protección UV								
No	22 (73,3)	8 (26,7)	25 (83,3)	5 (16,7)	10 (33,3)	20 (66,7)	7 (23,3)	23 (76,7)
Si	5 (71,4)	2 (28,6)	5 (71,4)	2 (28,6)	2 (28,6)	5 (71,4)	1 (14,3)	6 (85,7)
Crema protectora								
No	13 (92,9)	1 (7,1)	10 (71,4)	4 (28,6)	7 (50)	7 (50)	6 (42,9)	8 (57,1)
Si	14 (60,9)	9 (39,1)	20 (87,0)	3 (13,0)	5 (21,7)	18 (78,3)	2 (8,7)	21 (57,1)

De acuerdo con los resultados obtenidos en el cuestionario, la totalidad de los docentes perciben el riesgo por exposición a radiación ultravioleta solar, reconocen que puede generar daños en la salud y son capaces de identificar las diferentes fuentes de radiación ultravioleta en el ambiente. Un número importante de docentes 32,4% (12), conocen de aparición de eritemas en la piel entre sus compañeros de área por causa de la exposición ocupacional a radiación solar, la mayoría de los docentes aseguraron tener conocimiento sobre cómo protegerse frente a este peligro, pero el 73% (27) declara no tener conocimiento sobre cómo consultar el índice de radiación ultravioleta solar, ni los métodos de comunicación utilizados por organizaciones encargadas de la generación de reportes de radiación ultravioleta solar a nivel regional y nacional.

6.5 Signos y síntomas relacionados

Para evaluar posibles asociaciones entre las características de persona, condiciones de trabajo, uso de elementos de protección personal, conocimiento y percepción del riesgo por radiación ultravioleta solar, con las variables de desenlace enfermedad en la piel, afecciones oculares, aparición de pecas y aparición de manchas, se efectuaron diferentes iteraciones de los modelos de regresión logística múltiple, llegando a los modelos finales que se presentan en la tabla 5.

Tabla 8. Modelos de regresión logística para variables desenlace.

Modelo	B	sig.	OR	Prueba omnibus	Hosmer Lemeshow	R2 de nagelkerke
1. Enfermedad en la piel						
Edad	-0,12	0,06	0,88 (0,79-0,98)			
Conocimiento consultar índice de RUV	-2,77	0,01	0,06 (0-0,41)	0,003	0,37	0,342
Constante	6,266					
2. Aparición de pecas en la piel						
Conocimiento del riesgo	1,73	0,04	0,17 (1,33-23,93)	0,007	0,8	0,394

Sombra en el trabajo	-1,92	0,04	0,14 (0,03-0,7)
Uso crema protectora	-1,72	0,06	0,17 (0,03-0,84)
Constante	2,965		

3. Aparición de manchas en la piel

Conocimiento del riesgo	-2,5	0,01	0,08 (0,15-0,45)	0,002	0,598	0,454
Uso de EPP crema protectora	-2,13	0,04	0,11(0,02-0,66)			
Constante	3,572					

El modelo cuya variable dependiente es enfermedad en la piel y las variables independientes son edad y conocimiento del riesgo, es significativo. Con el modelo se puede indicar que la edad y el conocimiento son factores protectores para la enfermedad en la piel, es decir la disminución en la edad protege de enfermedades en la piel de los docentes en un 12% respecto a las personas que tiene mayor edad, el conocimiento del riesgo protege en un 94% respecto a las personas que no tienen conocimiento.

Para el caso de la aparición de pecas en la piel, variables independientes son conocimiento del riesgo, sombra en el trabajo y uso de crema protectora, es significativo. Del modelo se puede inferir que el conocimiento del riesgo, la sombra en el trabajo y el uso de crema protectora, son factores protectores para la aparición de pecas en la piel, se estima que el conocimiento del riesgo protege de aparición de pecas a los docentes en un 83% respecto a las personas que no lo tiene, la sombra en el trabajo protege en un 86% respecto a las personas sin sombra en el trabajo y el uso de crema protectora o pantalla solar protege de aparición de pecas a los docentes en un 83% respecto a las personas no la usan de manera habitual.

Con el modelo se puede indicar que el conocimiento del riesgo y uso de crema protectora, son factores protectores para la aparición de manchas en la piel, es decir que se estima que el conocimiento del riesgo protege de aparición de manchas en la piel a los docentes en un 92% respecto a los que no lo tienen y el uso de crema protectora o

pantalla solar protege de aparición de manchas a los docentes en un 89% respecto a las personas no la usan de manera habitual.

7. Discusión

En el presente estudio, se identifica una subestimación en la percepción del riesgo por exposición a radiación ultravioleta solar de los docentes del área de educación física, quienes en promedio permanecen el 54,5% de su jornada laboral al aire libre, tal y como se puede revisar de estudios recientes, el riesgo por exposición a radiación ultravioleta solar ocupacional se encuentra infravalorado, y no se puede visualizar un desarrollo de estrategias eficaces de prevención, para las diferentes ocupaciones que realizan trabajo al aire libre [1].

Un importante número de docentes del área de educación física presentan elevados niveles de exposición a radiación ultravioleta, luego de realizar las comparaciones entre tiempos de exposición en la jornada laboral y los máximos aceptados de acuerdo con los valores límite permisibles (TLV) para cada una de las lecturas de radiación ultravioleta solar, se puede observar que durante la jornada laboral, un 41,7% de los docentes superan los límites permisibles de exposición a radiación uv debido al desarrollo de las actividades con los estudiantes al aire libre. Estos valores se comportan de manera similar con estudios relacionados sobre el tema en Australia, donde se encontró que los maestros participantes están expuestos a elevados niveles de radiación ultravioleta solar como parte del requisito de cuidado de los estudiantes durante el almuerzo y los descansos, se pudo concluir que los docentes que pasaron más de 2 horas/día al aire libre superaron el estándar diario de protección de la radiación ultravioleta solar establecido por la Comisión Internacional de Protección de Radiación no Ionizante (HICNIRP por sus siglas en inglés). Para el caso australiano, un 54.7% de los docentes de educación física excedieron los 3mW/cm² establecidos como valor límite permisible, con una medida promedio de 5,3mW/cm², comparable al caso de esta investigación donde superaron estos niveles el 41,7% de los docentes [1].

De acuerdo con la literatura los factores personales son un tema determinante frente a la exposición a radiación UV entre ellos se destaca

la clasificación de la tipología de la piel para los individuos, considerado la más relevante de las condiciones personales a evaluar respecto a la predisposición a los daños en la salud por exposición a radiación UV de algunos fototipos de piel [9]. Para las clasificaciones del tipo de piel una de las metodológicas más aplicadas es la de Fitzpatrick, la cual define que los fototipos I y II representan una piel clara, la cual es muy sensible al daño por radiación UV, tanto en efectos agudos como a largo plazo, para el caso de la clasificación III y IV también presentan una sensibilidad frente a este peligro pero se puede definir como moderada, en las pieles definidas en V y VI, se encontró una resistencia a los rayos solares comparada con los fotitopos anteriores [10]. En esta investigación no se encontraron individuos clasificados en fototipos I y V, esto responde a las características raciales propias de la región, pero en contraposición a las conclusiones obtenidas por el estudio anterior, no se encontraron diferencias significativas en el reporte de la aparición de signos y síntomas de acuerdo con el tipo de piel.

El análisis de las condiciones de trabajo se convierte en un aspecto decisivo sobre la cantidad de radiación ultravioleta solar recibida, y la aparición de signos y síntomas relacionados. De acuerdo con el estudio realizado en Australia, los docentes del área de educación física presentaron mayores niveles de exposición, comparados con sus compañeros trabajo. Para el caso de los asistentes de maestros o practicantes, un 23% superaron los niveles de exposición, mientras de los docentes de aula solo un 18% alcanzan estos valores máximos. Los resultados anteriores permiten inferir que, los maestros de aula tendrán un factor protector basado en el trabajo en interiores o a la sombra, reflejado con el alto porcentaje de docentes se encuentran dentro de los niveles de protección por radiación uv, que para el caso es el 73,7% [1]. Por lo tanto, es importante resaltar, como las observaciones realizadas en el estudio anterior, se pueden contrastar con en el modelo de regresión logística obtenido en esta investigación, donde la sombra en el trabajo aparece como un factor protector asociado con la aparición de manifestaciones en la piel expuesta. Este tema se convierte en un punto preocupante en la población de estudio, debido a que un importante número de docentes declaran no tener sombra en el lugar trabajo, y en algunos casos en el lugar donde realizan el receso durante la jornada laboral. Esta variable debe ser tomada en cuenta por los organismos administrativos indicados, para establecer medios de control y prevención efectivos frente al riesgo, como la adaptación de los escenarios deportivos

de las instituciones educativas con la instalación de techos o cubiertas que permitan llevar a cabo actividades deportivas de manera segura y mitigar los efectos adversos en la salud de los docentes, frente al peligro por radiación ultravioleta solar.

De acuerdo con una revisión sistemática de estudios realizados sobre la exposición a radiación ultravioleta solar y su relación causal con la aparición de diferentes patologías o manifestaciones adversas en la salud de las personas, se listaron enfermedades en la piel como queratosis actínica, los cánceres de piel no melanoma y el melanoma maligno, mientras que entre las afecciones oculares principales se presenta el pterigio ocular, las cataratas. Se atribuye que entre un 42 y 74% de la población con pterigio es debido a la exposición radiación ultravioleta, de igual forma se encontró una fuerte asociación de dicha exposición con la aparición de cataratas [9]. El 89% de los artículos encontraron un mayor riesgo aparición de carcinoma de células escamosas en individuos con una exposición ocupacional a radiación ultravioleta en comparación con los individuos sin dicha exposición. En el presente estudio se identifican efectos o cambios en la piel relacionados con exposición a radiación ultravioleta solar por tiempos prolongados, de acuerdo con los niveles de auto reporte manifestados por los docentes del área de educación física. Un alto porcentaje de maestros declaran haber sufrido de quemaduras solares asociados a su actividad laboral, y se presentaron dentro de la población de estudio diagnósticos de enfermedad en la piel, afecciones oculares como pterigio y cataratas, aparición de pecas y machas en la piel relacionadas con la exposición a radiación ultravioleta solar.

En los docentes, se pudo identificar que existe una relación directa entre la valoración del peligro potencial por exposición radiación ultravioleta y percepción del riesgo de los docentes, pero no se encontró correspondencia entre los niveles de exposición y la percepción del riesgo, con la implementación de barreras protectoras, en los docentes y las instituciones educativas. De igual forma, en esta investigación se encontraron falencias en el uso de métodos de prevención por parte de los docentes y las instituciones educativas, para la disminución del riesgo de efectos adversos por radiación ultravioleta. Se puede estimar de los docentes de educación física del municipio de Bello, un nivel importante de percepción del riesgo frente la radiación ultravioleta solar, al igual que el conocimiento del mismo, en contra posición se visualiza baja frecuencias en el uso de los elementos de protección personal. Además

existe una ausencia en el suministro de los mismos por parte de sus empleadores, ya un alto porcentaje de los docentes declara no recibir de manera periódica elementos de protección frente a radiación UV por parte de las entidades encargadas, para dar cumplimiento al artículo 176 de la resolución 2400 de 1979 que establece: "En todos los establecimientos de trabajo en donde los Trabajadores estén expuestos a riesgos físicos, mecánicos, químicos, biológicos, etc, los patronos suministrarán los equipos de protección adecuados, según la naturaleza del riesgo, que reúnan condiciones de seguridad y eficiencia para el usuario" [11].

De acuerdo con el estudio realizado en Alemania, uno de los factores más influyentes en la aparición de cáncer de piel debido a la exposición a radiación ultravioleta solar es la falta de uso de barreras protectoras por los trabajadores, así mismo se pudo determinar que la forma más efectiva de asegurar una adecuada protección contra la exposición a radiación ultravioleta solar es el nivel de conocimiento que se tiene frente a la radiación y sus efectos en la salud de las personas [12].

Frente al uso de elementos de protección personal, los resultados obtenidos fueron bajos comparados con los niveles de percepción del riesgo de los trabajadores, donde el uso de sombrero, guantes y gafas con protección UV, reportaron bajas frecuencias de uso, comparados con el uso de camisa manga larga y crema protectora que reportaron moderadas frecuencias de uso entre los docentes. Los datos obtenidos por los alemanes se comportan de manera similar en este sentido, en virtud de las estadísticas reportadas sobre el uso de barreras protectoras donde, la ropa de manga larga y la crema protectora fueron considerados los métodos más adecuados de protección en un 83% y 85% respectivamente. El 75% de los trabajadores al aire libre estaban familiarizados con la definición del factor de protección solar (SPF), pero solo el 25% identificó correctamente la cantidad de protector solar necesaria para lograr el SPF como se indica en el producto [12]. Sobre el uso de crema protectora o pantalla solar indicada, el presente estudio determina este factor como fundamental para el cuidado de la salud, en vista de los modelos obtenidos para explicar las variables desenlace de signos y síntomas, donde el uso de crema con protección UV, se comporta como un factor protector frente a la aparición de manchas y pecas en áreas expuestas al sol.

Se reconocen como uno de las principales limitantes para este estudio, la no obtención de los tiempos intermites al sol y sombra, que permitiría el

cálculo real del tiempo de a radiación UV durante la totalidad de la jornada laboral, esta lectura no se pudo realizar debido a la ausencia de un dosímetro de radiación ultravioleta. Por lo tanto, los resultados obtenidos se generaron de registros puntuales medición durante un periodo de tiempo de la exposición y fueron relacionados con los datos autoreportados obtenidos por medio del cuestionario. Para próximas investigaciones es importante incluir mediciones dosis eritematosa mínima (MED) y la dosis eritematosa estándar (SED), para la revisión de las implicaciones clínicas de la exposición a radiación ultravioleta solar [9,13-14]. Se reconoce la importancia de continuar investigando sobre los conocimientos y percepción del riesgo frente a radiación uv, ya que, por ser un cuestionario subjetivo y no extenso, se limitan la cantidad de factores a incluir para la evaluación del tema [12].

Conclusiones

En conclusión, se puede inferir que la vulnerabilidad de los docentes frente al peligro de radiación ultravioleta solar presenta valores importantes, y que corresponden con la baja frecuencia de uso de elementos de protector personal específicos, y las limitaciones en conocimiento y percepción del riesgo presentada por la comunidad educativa. Es necesario señalar que dentro del estudio no se alcanzan a detectar métodos de control eficaces para el decrecimiento de la vulnerabilidad frente a este peligro, como programas de capacitación y formación, tampoco se cuenta con un suministro de elementos de protección personal de manera periódica por parte de los empleadores como: gorro y/o sombrero, gafas con protección uv, crema o pantalla solar específica según el fototipo de piel, camisa de manga larga y guantes.

Además, se propone revisar estrategias de disminución del tiempo de exposición en exposición al sol, sobre el cual espera establecer por parte de los directivos docentes al interior de instituciones educativas una asignación académica para los docentes del área de educación física con un horario de ejecución de sus actividades de formación al aire libre diferente de las horas críticas de radiación ultravioleta, para los docentes de la jornada mañana corresponde al inicio de su jornada laboral entre las 6:00 – 9:00 y para los docentes de la jornada tarde al finalizar la misma entre las 14:00 - 19:00, momentos en los que se presentan caídas importantes del índice de radiación ultravioleta solar y reduce de manera significativa la vulnerabilidad de los docentes frente a dicho peligro.

Referencias

1. Downs N, Harrison S, Garzon D, Parisi A. Solar ultraviolet and the occupational radiant exposure of Queensland school teachers: A comparative study between teaching classifications and behavior patterns. *Journal of Photochemistry & Photobiology*. 2016: 105-112.
2. The International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Statement on Protection of Workers Against Ultraviolet Radiation. [Internet]. *Health Physics* 2010; 99(1):66-87.
3. Perez A. Colegios en mal estado frenan educación en Colombia. *Revista Dinero*. [internet]. 2016 [citado 2018 nov. 15]. Disponible en :<https://www.dinero.com/opinion/columnistas/articulo/colegios-en-mal-estado-frenan-la-educacion-por-angel-perez/226227>.
4. Sanclemente Mesa Gloria, Hernández Garzón Germán Eduardo. Altos índices de radiación ultravioleta en Medellín y en una localidad del oriente antioqueño (COLOMBIA). *Iatreia* [Internet]. 2010 June [Citado 2018 Agosto 19] ; 23(2): 119-126. Recuperado de : http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121-07932010000200003&lng=en 14.
5. Moehrle M, Soballa M, Korn M. UV exposure in cars. *Photodermatol Photoimmunol Photomed*, 2003 Aug; 19(4): 175–181.
6. Sanclemente G, Zapata JF, Garcia JJ, Gaviria A, Gomez LF, Barrera M. Lack of correlation between minimal erythema dose and skin phototype in a Colombian scholar population. *Skin Res Technol*, 2008 Nov; 14(4): 403– 409.
7. Organización Internacional del Trabajo. Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo. Edición española, 1998. p. 49.2- 49.28.
8. Información Técnica Sobre la Radiación Ultravioleta, el Índice UV y su Pronóstico. [Internet]. [Citado el 18 de agosto de 2018]. Disponible en: <http://documentacion.ideam.gov.co/openbiblio/bvirtual/022454/NotatecnicaIUVPaginaWEBfinal.pdf>.
9. Modenese A, Korpinen L, Gobba F. Solar Radiation Exposure and Outdoor Work: An Underestimated Occupational Risk. *Int J Environ Res Public Health*. 2018;15(10):20-63. Published 2018 Sep 20. doi:10.3390/ijerph15102063.
10. Fitzpatrick, T.B. The validity and practicality of sun reactive skin types I through VI. *Arch. Dermatol*. 1988; (124): 869–871.
11. Resolución 2400 /1979, de 22 de mayo. Por la cual se establecen algunas disposiciones sobre vivienda, higiene y seguridad en los establecimientos

de trabajo. Ministerio de Trabajo y Seguridad Social.

12. Hault, K. , Rönsh, H. , Beisert, S. , Knuschke, P. and Bauer, A. Knowledge of outdoor workers on the effects of natural UV radiation and methods of protection against exposure. J Eur Acad Dermatol Venereol 2016; (30): 34-37.
13. Grandahl K, Mortensen O, Sherman D, Køster B, Lund P, Ibler K, et al. Solar UV exposure among outdoor^[1]workers in Denmark measured with personal UV-B dosimeters: technical and practical feasibility. BioMedical Engineering. 2017: 16:119
14. Grandahl, K. , Eriksen, P. , Ibler, K. S., Bonde, J. P. and Mortensen, O. S. Measurements of Solar Ultraviolet Radiation Exposure at Work and at Leisure in Danish Workers. Photochem Photobiol, 2018; (94): 807-814