



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE SALUD Y BIENESTAR

CARRERA DE ODONTOLOGÍA

**EFFECTOS ADVERSOS DE LA LUZ AZUL EN LA CONSULTA
ODONTOLÓGICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE ODONTÓLOGO GENERAL**

AUTOR: DARWIN ISIDRO MONTERO YAMASQUI

DIRECTOR: OD. ESP. JOSÉ FERNANDO TINTIN REA

AZOGUES - ECUADOR

2021

*Yo me gradué en
los 50 años de La Cato!
... y sostuve la Universidad*



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

UNIDAD ACADÉMICA DE SALUD Y BIENESTAR

CARRERA DE ODONTOLOGÍA

EFFECTOS ADVERSOS DE LA LUZ AZUL EN LA CONSULTA

ODONTOLÓGICA

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE ODONTÓLOGO GENERAL**

AUTOR: DARWIN ISIDRO MONTERO YAMASQUI

DIRECTOR: OD. ESP. JOSÉ FERNANDO TINTIN REA

AZOUES - ECUADOR

2021

*Yo me gradué en
los 50 años de La Cato!
... y sostuve la Universidad*

Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

Montero Yamasqui, Darwin Isidro portador de la cédula de ciudadanía con C.I.: 0350248241. Declaro ser el autor de la obra: **“EFECTOS ADVERSOS DE LA LUZ AZUL EN LA CONSULTA ODONTOLÓGICA”**, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Azogues, junio 2021



F:

Montero Yamasqui, Darwin Isidro

C.I. 0350248241

CERTIFICACIÓN DEL DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN

Od. Esp. PhD Priscilla Medina Sotomayor

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN ODONTOLÓGICA

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación denominado **“EFECTOS ADVERSOS DE LA LUZ AZUL EN LA CONSULTA ODONTOLÓGICA”**, realizado por **MONTERO YAMASQUI DARWIN ISIDRO**, ha sido inscrito y es pertinente con las líneas de investigación de la Carrera de Odontología, de la Unidad Académica de Salud y Bienestar y de la Universidad, por lo que está expedito para su presentación.

Azogues, junio 2021



Od. PhD. Priscilla Medina Sotomayor.

CERTIFICACIÓN DEL TUTOR

Od. Esp. JOSÉ FERNANDO TINTIN REA.

DOCENTE DE LA CARRERA DE ODONTOLOGÍA AZOGUES

De mi consideración:

El presente trabajo de titulación denominado **“EFECTOS ADVERSOS DE LA LUZ AZUL EN LA CONSULTA ODONTOLÓGICA”**, realizado por MONTERO YAMASQUI DARWIN ISIDRO, ha sido revisado y orientado durante su ejecución, por lo que certifico que el presente documento, fue desarrollado siguiendo los parámetros del método científico, se sujeta a las normas éticas de investigación, por lo que está expedito para su sustentación.

Azogues, junio 2021



Tutor: José Fernando Tintin Rea

DEDICATORIA.

A Dios por acompañarme en mis tiempos de fortaleza y
debilidad.

A mis padres que con mucho esfuerzo y sacrificio me supieron
brindar su apoyo incondicional para terminar mis estudios.

A mis familiares y amigos que me apoyaron moralmente en mi
proceso académico.

**“La educación es el arma más poderosa que
puedes usar para cambiar el mundo”**

Nelson Mandela

AGRADECIMIENTOS:

A la Universidad Católica de Cuenca y su personal docente que supieron impartir sus conocimientos, los cuales ayudaron a mi formación profesional.

A mis tutores: Odont. Esp. José Tintín Rea y Dr. Mg. Fernando Vallejo que me apoyaron con su valiosa orientación para culminar este trabajo.

A mi familia que con su apoyo constante me incentivaron a terminar mi carrera universitaria.

Y a todas las personas que de una forma u otra me apoyaron en mi aprendizaje académico.

ÍNDICE

TÍTULO:	9
RESUMEN.....	9
INTRODUCCIÓN.....	10
METODOLOGÍA	12
ESTADO DEL ARTE	13
Espectro electromagnético.....	13
Onda electromagnética.	13
Longitud de onda.	13
Luz visible.....	13
Espectro visible.	14
Radiación de alta o baja frecuencia.	15
Radiación de alta o baja energía.....	15
Luz azul.....	15
Implicaciones biológicas.....	16
Daño en los ojos.....	16
Daños de la luz azul en la retina.	17
Daños en la piel.	18
Daño en la mucosa oral.	19
Implicaciones en el ritmo circadiano.	20
Exposición de la luz azul en el personal odontológico.	20
Unidades de fotopolimerización.....	21
Daños en el órgano pulpar.....	22
Prevención de los efectos de la luz azul en el consultorio dental.	23
RESULTADOS.....	26
DISCUSIÓN	39
CONCLUSIONES:	42
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43

TÍTULO:

EFECTOS ADVERSOS DE LA LUZ AZUL EN LA CONSULTA ODONTOLÓGICA

RESUMEN

OBJETIVO: Determinar los efectos adversos, la eficiencia y eficacia de la luz azul en la consulta odontológica. **MATERIALES Y MÉTODOS:** Se utilizó la base de datos científica de la Universidad Católica de Cuenca y otras bases científicas de internet. La búsqueda arrojó 22.000 resultados donde se incluyeron artículos de relevancia y relacionados con el tema, de cualquier idioma, de libre acceso y mayores al 2016. Quedaron 950 artículos de los cuales se decidió validar 16 estudios que fueron analizados mediante una tabla en Microsoft Excel 2019. **RESULTADOS:** El 40.63% de los artículos hacen referencia a los daños de la luz azul, mientras que el 21.88% tratan de lo cuidados que tienen los odontólogos, el 31.25% aluden a los medios protectores para prevenir los peligros de la luz azul y el 6.25% refieren al uso de lupas en el consultorio dental. **CONCLUSIONES:** La luz azul utilizada en odontología conlleva grandes peligros para la salud del dentista y del paciente como la generación de cataratas, dolor de cabeza, envejecimiento de la piel, lesiones en tejidos gingivales y la conciliación del sueño. El correcto manejo de la LCU y el uso de barreras de protección como filtros protectores manuales, gafas con filtro de color naranja, dique de goma para los tejidos blandos disminuyen los efectos colaterales que produce la luz azul.

PALABRAS CLAVES: Luz azul, fatiga visual, unidades de fotopolimerización dental, filtros protectores.



CENTRO DE IDIOMAS

Abstract

DARWIN MONTERO YAMASQUI

ADVERSE EFFECTS OF BLUE LIGHT IN THE DENTAL PRACTICE

Objective: To determine the adverse effects, efficiency, and efficacy of blue light in the dental office. **Materials and methods:** The scientific database of the Catholic University of Cuenca and other scientific databases on the Internet were used. The search delivered 22,000 results including relevant articles related to the topic, of any language, open access, and older than 2016. Out of a total of articles, 16 were validated and analyzed using a table in Microsoft Excel 2019. **Results:** 40.63% of the articles refer to the harms of blue light, while 21.88% deal with the care taken by dentists, 31.25% refer to protective means to prevent the dangers of blue light and 6.25% refer to the use of magnifying glasses in the dental office. **Conclusions:** The blue light used in dentistry carries great dangers for the health of the dentist and the patient, such as the generation of cataracts, headache, aging of the skin, lesions in gingival tissues, and conciliation of sleep. The correct handling of the LCU and the use of protective barriers such as manual protective filters, glasses with an orange filter, rubber dam for soft tissues, reduce the collateral effects produced by blue light.

Keywords: blue light, visual fatigue, dental light-curing units, protective filters

Azogues, 07 de julio del 2021

EL CENTRO DE IDIOMAS DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA, CERTIFICA QUE EL DOCUMENTO QUE ANTECEDE FUE TRADUCIDO POR PERSONAL DEL CENTRO PARA LO CUAL DOY FE Y SUSCRIBO.


Abg. Liliana Urgilés Amoroso, Mgs.
COORDINADORA CENTRO DE IDIOMAS AZOGUES

INTRODUCCIÓN.

A parte de la luz solar que es la principal fuente de luz azul, y estar al aire libre donde ninguna persona puede evitar estar expuesto, el ser humano ha creado otras fuentes interiores de luz, que incluyen iluminación fluorescente y LED (Diodo emisor de luz).¹

A principios de la década de 1990 ha sido el florecimiento de las luces LED brillante de nitruro de galio (GaN), antes de este tiempo carecían porque era imposible disponer de una fuente práctica para el color primario azul, su introducción provocó una revolución en aplicaciones de iluminación y visualización que sigue en marcha. La luz blanca es creada por una mezcla de longitudes de onda en todo el espectro visible, dentro de la cual encontramos la luz azul, rojo y verde.²

En los últimos tiempos, en la mayoría de consultorios sobre todo quirófanos están equipados con un sin número de luces LED de alta intensidad que permiten al profesional tener mejor visibilidad al momento de ejecutar procedimientos quirúrgicos. Además, en los consultorios modernos existen múltiples aparatos electrónicos como tabletas, computadoras, luces de cámaras y las lámparas del sillón dental. Todos estos aparatos electrónicos conllevan el uso de luz azul.³

Todos los días, el personal dental enfoca su mirada en la luz brillante reflejada en los dientes, la piel e instrumentos metálicos, esta luz se intensifica aún más al usarse microscopios y lupas sin filtros, al concentrarse la persona en un ambiente cerrado y por tiempo prolongado los efectos dañinos de la luz pueden ser aún mayores.⁴

Las unidades de fotocurado dentales (por su siglas en inglés LCU) son usadas ampliamente en odontología, puesto que hoy en día existen múltiples materiales que necesitan de esta herramienta para su polimerización; por lo tanto, es común e inevitable la exposición a la luz azul por parte del estomatólogo.⁴

Se estima que, en el lapso de un año los dentistas están sometidos a la luz un tiempo aproximado de 240 horas al año y 5 horas durante un día. La intensa exposición de luz emitida por las LCU puede causar efectos perjudiciales, no solo para el profesional sino también para el paciente, causando irritación en los tejidos blandos y daños en la vista. Según investigaciones la luz azul empleada en dispositivos electrónicos ha ocasionado preocupación en los oftalmólogos por el daño en la salud que llega a producir. Al tratarse de la luz empleada en el área odontológica con una intensidad superior, representa un peligro mayor.⁴

En 1985 el Consejo de Materiales, Instrumentos y Equipos dentales de la Asociación Dental Estadounidense sugirió la protección de los ojos, mediante anteojos con filtro de protección, luego de reconocer los peligros que causan las unidades de fotocurado. Además, recomendó que los

anteojos transmitan el 1% de la luz emitida por debajo de longitudes de 500nm. Tres décadas después se ha incrementado en un factor 10 la irradiación, según han ido evolucionando las LCU que se utilizan ampliamente en diferentes procedimientos de fotopolimerización dentales como restauraciones, agentes cementantes, selladores, adhesivos, cementación de Brackets en ortodoncia, blanqueamiento dental, etc.^{4,5}

A inicios las LCU emitían luz ultravioleta (UV), pero con el paso del tiempo se empezó a utilizar la luz azul debido al riesgo que representaba el uso de la luz UV y la escasa penetración en los materiales dentales.⁴ Al agregar luz de fuentes potentes como la LCU, la luz operatoria, la unidad de blanqueamiento o el microscopio quirúrgico provoca un riesgo adicional de desarrollar lesiones relacionadas con la luz acorde al tiempo de exposición promedio.^{4,6}

Aunque los peligros oculares de estas luces de alta intensidad se han informado en la literatura, la mayoría de los odontólogos la desconocen, es por ello que los objetivos de esta investigación fueron identificar los efectos adversos de la luz azul en el área odontológica. Además, determinar los factores que delimitan el cuidado por parte de los profesionales y conocer la eficiencia y eficacia de las medidas protectoras para recomendar su uso.⁷

METODOLOGÍA

Se realizó una revisión bibliográfica con el propósito de investigar los efectos adversos que puede tener el uso de la luz azul en la consulta dental. La información fue obtenida de diferentes bases de datos científicas existentes en la plataforma virtual de la Universidad Católica de Cuenca, como: Scopus, Web of Science, Ovid, y otras bases científicas encontradas en el internet como: Springer, Semantic scholar, Science Direct, Science Daily. Para la búsqueda de información se usaron palabras claves con ayuda de los buscadores MeSH y DeCS y usando operadores booleanos (AND, OR, NOT). En español: Luz azul y su uso en odontología, luz azul y daño en los ojos, luz azul y daño en la piel, protectores contra la luz azul o filtros de protección. En inglés: Blue light and Odontology, blue light effects or eye damage, blue light and damage to dentists, blue light damage or blue light diseases.

La búsqueda arrojó 22.000 resultados entre artículos, libros, blogs y tesis en donde se aplicaron criterios de exclusión como documentos menores al 2016, trabajos de tesis, casos clínicos y artículos que no se relacionen con el tema, mientras que en criterios de inclusión se validaron artículos relacionados con la luz azul, artículos en cualquier idioma y de libre acceso. Quedaron 950 artículos los cuales fueron revisados los títulos y resúmenes para determinar si estaban relacionados con el tema a tratar. Se decidió validar 16 artículos académicos entre artículo experimentales, analíticos, revisiones bibliográficas y sistemáticas de las revistas académicas "Journal of Biophotonics", "Journal of Dental and Medical Sciences", "BMJ Open Ophth", "JSaudi Dental Journal", "Clinical Oral Investigations", "Int J Ophthalmol", "J Cosmet Dermatol", entre otras. Los artículos analizados estuvieron 13 en idioma inglés y 3 en español.

Para la recolección de información se efectuó una ficha bibliográfica en Microsoft Excel 2019, con los principales datos de los artículos que son: Autores, título del artículo, objetivos, metodología, resultados, conclusiones, año de publicación, volumen, número y páginas.

ESTADO DEL ARTE

Espectro electromagnético.

Se llama espectro electromagnético al nivel total de todas las radiaciones o conjunto absoluto de clases de luz. Es un flujo saliente de energía de una fuente en forma de ondas electromagnéticas, y se denomina radiación electromagnética. Esta radiación puede ser de origen natural o artificial, el espectro electromagnético comprende al conjunto de todas las frecuencias (número de ciclos de la onda por unidad de tiempo) posibles a las que se produce radiación electromagnética.⁸

Onda electromagnética.

Son la propagación simultánea de los campos eléctricos y magnéticos, y que a su vez, conforman la radiación electromagnética, no necesitan un medio material para propagarse, todas se propagan en el vacío a una velocidad constante y muy alta (300 0000 km/s), producidos por una carga eléctrica en movimiento, campos que son mutuamente perpendiculares entre sí y perpendiculares a la dirección de propagación de las ondas lo que conforman la radiación electromagnética.⁸

Longitud de onda.

Es la distancia que recorre una perturbación en un cierto lapso del tiempo, es decir, la distancia entre dos crestas consecutivas, el intervalo de tiempo es el transcurrido entre dos máximos consecutivos de alguna propiedad física de la onda.⁹

Luz visible.

Es el conjunto de radiaciones que excitan a la retina para recrear la visión, viene a ser una fracción del espectro electromagnético, es aquel espectro que el ojo humano puede percibir. La luz visible corresponde al espectro de colores que va del violeta (400 nm) al rojo (780 nm).¹⁰ En la figura 1 se observa la sensibilidad del ojo humano a los colores dependiendo de la longitud de onda. A ciencia cierta no hay evidencia de límite exacto para la luz visible, el ojo humano responde a longitudes de onda de 380 a 475nm, no obstante, se ha analizado que algunas personas perciben longitudes de onda a partir de 310 a 1050nm. ⁸ La luz visible se divide además en radiación de longitud de onda corta que es azul, radiación de longitud de onda media que es verde y radiación de longitud de onda larga que es roja.³

La clasificación de los captadores de color del conjunto visual humano se da conforme al pico de sensibilidad de la longitud de onda de sus fotopigmentos. Los cortos (S, 420 nm), medianos (M, 533 nm) y largos (L, 562 nm). ¹¹

Figura 1: Luz visible, sensible al ojo humano.

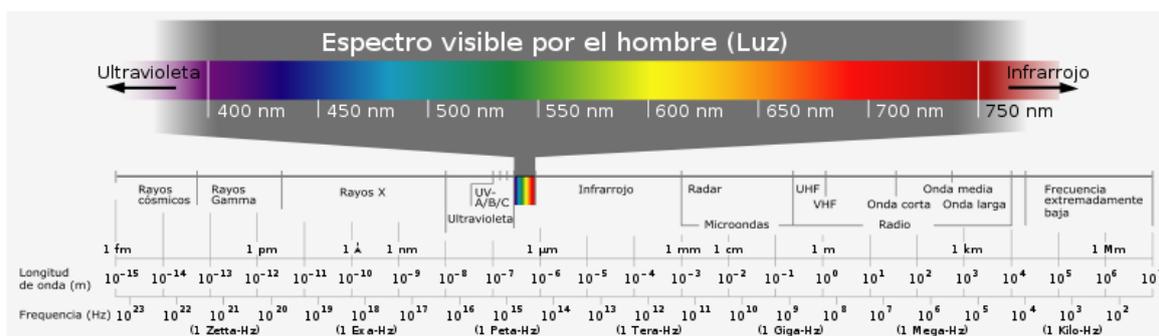
Luz visible		
Color	Frecuencia	Longitud de onda
Violeta	668–789 THz	380–450 nm
Azul	631–668 THz	450–475 nm
Ciano	606–630 THz	476–495 nm
Verde	526–606 THz	495–570 nm
Amarillo	508–526 THz	570–590 nm
Naranja	484–508 THz	590–620 nm
Rojo	400–484 THz	620–750 nm

Fuente: Anon. 2.1 Espectro visible. Available at: http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/3000/3233/html/21_espectro_visible.htm
I. Accessed June 23, 2021.

Espectro visible.

Es llamado también luz blanca, es aquel espectro que contiene todos los colores que puede percibir el ojo.⁸ En la figura 2 se aprecia el orden cronológico de la luz como un arco iris. El ojo humano es sensible precisamente a este pequeño rango del espectro radioeléctrico, las ondas de menor frecuencia cuentan con mayor longitud, estos rodean a los objetos evitándolos sin interactuar con ellos un ejemplo claro es la radio. Las ondas que disponen con mayor frecuencia tienen ondas de corta longitud que son capaces de atravesar la materia, por ejemplo, los rayos x.²

Figura 2: Espectro visible por el ojo humano.



Fuente: Anon. 2.1 Espectro visible. Available at: http://educativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/3000/3233/html/21_espectro_visible.htm
I. Accessed June 23, 2021.

Radiación de alta o baja frecuencia.

La radiación de alta frecuencia son radiaciones electromagnéticas y radiación de baja frecuencia son los campos electromagnéticos.² Los fotones forman parte de la onda electromagnética, viene a ser un conjunto de energía que a la vez es directamente proporcional a la frecuencia de la onda, mientras mayor es la frecuencia la cantidad de energía será superior en cada fotón. Cierta porción de energía y la intensidad del campo determinan el efecto de la onda electromagnética en el sistema biológico.^{8,11}

Radiación de alta o baja energía.

Las radiaciones de alta energía o también llamadas ionizantes, son ondas de alta frecuencia que tienen suficiente energía para crear la ionización a través de la ruptura y separación de los enlaces atómicos que mantienen fusionadas las moléculas en la célula, estas pueden ser corpusculares, compuestas con partículas subatómicas (electrones, neutrones, protones) que son las radiaciones alfa, beta y rayos cósmicos; también pueden ser electromagnéticos, comprenden los rayos X y rayos gamma.⁸

La ionización se refiere a la conversión de átomos a partir de moléculas con iones con carga eléctrica positiva o negativa.⁷

Las radiaciones de baja frecuencia o no ionizante como su término lo indica su energía es incapaz de ionizar átomos por ser demasiado débil y no poder romper enlaces atómicos. Este tipo de radiaciones actúan como efecto mecánico, térmico y fotoquímico en los tejidos. Además, son de tipo electromagnético y abarca las radiaciones ópticas tales como infrarroja, visible y ultravioleta.^{7,8}

Luz azul.

Las longitudes de onda corta son más energéticas que las largas; por lo tanto, la luz azul es la que tiene la longitud de onda con mayor daño en la piel. Alrededor de un tercio de toda la luz visible es considerada de alta energía (HEV) es decir luz azul, esta varía de 380nm a 500nm y se descompone en luz azul violeta (aproximadamente 380 a 450 nm) y luz azul turquesa (aproximadamente 450 a 500 nm).^{10,1,12}

Conforme a la ecuación de Planck, la longitud de onda de los rayos de luz está correlacionada negativamente con la cantidad de energía que contienen los rayos, es decir la luz azul tiene la energía más alta en el espectro de luz visible.⁹

Las luces LED aparte de encontrarse en dispositivos electrónicos también podemos encontrar en oficinas, tiendas y consultorios. Afortunadamente posee grandes ventajas comparadas con bombillas de otro tipo, pues brinda buena luminosidad ampliando el campo visual y la visión periférica gracias a su longitud de onda corta.¹³

La luz azul contiene fotones con mayor carga de energía que las demás luces, por esta razón varios autores la denominan luz visible de alta frecuencia, esto se debe a que tiene longitudes de onda más cortas que los otros tipos de luces.⁶

Implicaciones biológicas.

La luz desempeña un papel importante en la fisiología humana pues modifica nuestro ciclo biológico. La luz azul-turquesa cumple una función relacionada con los ritmos circadianos y las condiciones ambientales externas. A su vez está implicada con enfermedades sistémicas como diabetes, hipertensión, enfermedades cardíacas, cáncer, obesidad; y trastornos psicológicos como alteraciones del sueño, depresión, ansiedad etc.¹²⁻¹⁴

Daño en los ojos.

El principal daño se observa en el sector posterior del ojo debido a que produce la transmisión de la luz por medio de los demás medios oculares.¹⁵ La longitud de onda corta de la luz azul puede ocasionar enfermedades graves como la fotorretinosis que tiende a complicarse y transformarse en cataratogénesis y opacificación transitoria o permanente del cristalino.³

El exceso de luz azul-turquesa causa la opacificación gradual del cristalino y conduce al progreso de cataratas, ocasionando dificultad en la recepción de luz sobre todo en longitudes de onda corta.¹³ La formación de cataratas en el lente se produce debido a que el cristalino contiene proteínas estructurales, enzimas y metabolitos de proteína que facilitan la absorción de la luz de onda corta, estos componentes se unifican con las proteínas del lente produciéndose pigmentos amarillos provocando que el ojo se torne amarillo; este es un mecanismo de bloqueo para evitar daño retiniano, el cristalino sufre un gradual cambio de color lo que significa la producción de cataratas.¹⁶

La hora del día también depende para que se produzca el daño inducido por la luz azul, afectando directamente el ritmo circadiano. La exposición a la luz azul, tanto aguda como acumulativa puede ocasionar la aglutinación de ROS (especies reactivas de oxígeno) y lipofuscina.¹¹

Por otra parte, la longitud de onda corta del espectro en conjunto con la luz azul causa efectos nocivos en el ojo, desde degeneración macular relacionada con la edad hasta la enfermedad del

ojo seco. Proteger los ojos de la luz azul puede ayudar a mejorar la discapacidad visual asociada con la inestabilidad lagrimal en pacientes con enfermedad del ojo seco.^{1,12}

Posiblemente el peligro de la luz azul en los ojos puede ser evitada por componentes de la retina, puesto que está equipada con pigmentos la luteína y la zeaxantina, encontradas en la retina periférica y la mácula, estos componentes combaten específicamente la oxidación de la molécula A2E y la producción de ROS con la disminución de linfoscina en células del epitelio retiniano del pigmento (RPE), ejecutando como captadores de ROS.⁹

Daños de la luz azul en la retina.

La luz azul presenta más molestias que otro tipo de bombillas siendo responsable de enfermedades como el caso de cataratas, determinando la sensibilidad acorde al tiempo de exposición y edad del paciente.^{13,15}

La luz azul intensa en el rango entre 400 y 440 nm daña la retina a través de una reacción fotoquímica llamada fotorreversión del blanqueamiento, esta aumenta la capacidad de las moléculas de rodopsina para absorber fotones en varios órdenes de magnitud, lo que permite que las moléculas alcancen el número crítico de fotones necesarios para inducir daño en las células retinianas. Este proceso puede aumentar aún más la producción de ROS (especies reactivas de oxígeno)^{17,18} Los ROS son perjudiciales para las células por la peroxidación de lípidos, mediante un ataque a los ácidos grasos polisaturados que se catabolizan en un lípido. La retina sufre daños por mutaciones genéticas y acumulación de membranas celulares, el daño fotoquímico es el responsable del perjuicio retiniano o fototoxicidad retiniana, siendo la luz la principal productora de ROS, a su vez los cromóforos son los que facilitan los daños fotoquímicos.⁹

La supervivencia de las células R28 está afectada por el mecanismo subyacente de la luz azul, lo cual involucra el estrés oxidativo y el estado mitocondrial. El producto de los mecanismos fotoquímicos son los que inducen a la toxicidad y muerte de las células retinianas. Es de conocimiento general que las células tienen dos formas de muerte programada, apoptosis y necroptosis inducida, pero aún se desconoce qué factores están involucrados para que se de estos dos tipos de muertes celulares, se sospecha que la luz azul solo causa daño a las células con función de cadena respiratoria mitocondrial, en efecto las mitocondrias constituyen las uniones de múltiples vías de muerte celular.⁹

Sparrow Jr realizó un experimento, exponiendo a luz azul a 480nm células del RPE, comunicó que se produjo muerte celular en células RPE que contiene A2E y las células que carecían de esta toxina continuaron viables. Se cree que A2E genera productos por su cambio fotoquímicos

que inducen la formación de ROS cuya acumulación alza la actividad del receptor de quimiocinas CC (CCR2 y CCR3) e impulsa la inflamación.¹⁸

Las xantofilas mediante la absorción de la luz dañina juega un papel protector contra la oxidación de la retina, además neutraliza los fotosensibilizantes y especies reactivas de oxígeno erradicando los radicales libres.¹⁵

Daño fotoquímico y fotomecánico.

Los cromóforos tienen la capacidad de absorber radiación, esta molécula activada disipa la energía convirtiéndola en energía mecánica, calor y reacciones químicas que con el tiempo tornan al estado de radiación en el rango espectral de 400 y 1400 nm, produciendo daños fotomecánicos y fotoquímicos.⁹

El daño fotoquímico se produce por la exposición de la retina a radiación incidente con longitud de onda en porción de alta energía del espectro visible, depende de la dosis total integrado de la duración de exposición y la cantidad obtenida. La aparición de radicales libres y ROS se debe a fotosensibilizadores que pueden ser excitados por longitudes de onda particulares a la radiación.^{3,9}

La causa del daño fotomecánico se produce por un tiempo de exposición corto, puede ser picosegundos o nanosegundos, a una irradiancia elevada de megavatios o teravatios por cm², está no es definida por la longitud de onda de luz. La energía es absorbida por los gránulos de melanina en el EPR, se produce la formación de burbujas de microcavitación perjudiciales para las células, debido a que el calor no se disipa.⁹

Daños en la piel.

Al interaccionar la radiación electromagnética con los tejidos pueden producirse dos tipos de efectos; el primero al tener alta anergia con longitud de onda corta y relacionarse con los tejidos se produce ionización. Por otra parte, en radiación con longitud de onda larga y con energía mínima, las moléculas aumentan su vibración originando calor.¹⁹

La radiación UV y la luz azul tienen algo en común y es la producción de ROS induciendo el daño oxidativo en la piel, pero al tener longitudes más largas y menor energía la luz azul puede penetrar más que la UV alcanzando capas de células profundas hasta ocasionar daño en el ADN. Esto infringe en el fotoenvejecimiento e inflamación de la piel, debido a que daña células que están relacionadas para prevenir dichos procesos.²⁰

La mitad de los radicales libres que aparece en la piel son producidos por la luz azul como por ejemplo el óxido nítrico. El estrés oxidativo es el precursor de melanina y estimulante de los melanocitos los cuales son los responsables de la hiperpigmentación de la piel.¹⁰ La longitud de onda más larga capaz de provocar un oscurecimiento inmediato del pigmento parece ser de aproximadamente 470 nm. Los principales pigmentos en la piel producidos por la luz azul son oscurecimiento inmediato y persistente, manchas y melasma. La forma que la luz azul produce pigmentos en la piel involucra opsinas, un grupo de proteínas fotosensibles encontradas en la epidermis que mediante la radiación produce pigmentación.^{10,20}

Daño en la mucosa oral.

La desigualdad de los tejidos de la cavidad oral según el sitio, grosor de capa epitelial, grado de queratinización, vascularización e hidratación modifican el acceso de la luz sobre sobre la dispersión, absorción y reflexión. La mucosa es más resistente a la sensibilización alérgica por luz, gracias a la máxima concentración de células de Langerhans que provoca una tolerancia muy resistente, a diferencia de la piel que fácilmente se produce una reacción más agresiva, por ende los mecanismos de reparación son diferentes que la piel.²¹

En el transcurso de fotocurado dental comúnmente no ocasiona daños en los tejidos, pues no alcanza un nivel para producir coagulación, no obstante es importante mencionar que el aumento de temperatura causada por irradiación puede deberse a la transferencia de calor desde el área irradiada.²¹ Las LCU al hacer uso de luz azul originan calor en los tejidos orales especialmente en los labios, pues se sabe que esta membrana mucosa puede sufrir daños térmicos al tener contacto con la punta de irradiadores.⁶ Si bien algunos profesionales utilizan el dique de goma para proteger de la estimulación térmica se ha visto que esto no es suficiente por lo que se sugiere colocar las puntas específicamente sobre el material a restaurar evitando irradiar al tejido adyacente.⁶

Se ha examinado la afectación de la luz a los tejidos gingivales y se ha verificado que causa una reducción proliferativa a la edad de fibroblastos gingivales. También ha mostrado el acumulo de niveles de ROS intracelulares y trastornos mitocondriales intracelulares. La inhibición de fibroblastos y la degeneración de síntesis de colágeno debido a la producción de ROS podría causar recesión gingival. Las ROS a nivel cervical vuelve hipersensible a los dientes que ya se encuentran afectados por la recesión gingival.⁶

Implicaciones en el ritmo circadiano.

La luz azul regula el ritmo circadiano por producción de melatonina en la glándula pineal, lo que produce alteraciones en la cantidad de cortisol dependiendo la hora del día.¹⁶

Durante la noche al estar expuesto a niveles altos de luz azul antes de acostarse, dificulta la conciliación del sueño en pacientes ancianos, pues se considera que tiene el efecto más fuerte de la sincronización del ritmo cardiaco humano.¹¹

Según experimentos afirmaron que las longitudes de onda de la luz azul, tiene resultados mayores sobre el ritmo circadiano comparado con las longitudes de onda verde y amarillas. La sensibilidad máxima de los conos visuales se observa cuando la onda de luz es menor, es decir, si se expone a la luz monocromática de 460nm la pérdida de melatonina es mayor; mientras que si se expone a 555nm sería menor.¹⁴

En longitud de onda similar se registró que la luz azul, causa el alza de temperatura corporal y frecuencia cardiaca, además infringe con somnolencia provocando un estado de alerta, se puede decir que la luz azul es un poderoso modulador del cerebro.^{11,14}

Exposición de la luz azul en el personal odontológico.

En una jornada laboral común de 8 horas, colocando 11 restauraciones, se calcula que un profesional odontológico está expuesto 11 minutos de luz en una unidad de curado, si se refleja en la superficie bucal de un incisivo central y se ve a una distancia de 40 cm, según informe del 2016.^{4,12}

Al realizar procedimientos de fotopolimerización, parte de la radiación emanada de la LCU se extiende a las estructuras adyacentes, una parte da en el objetivo y otra se refleja.¹⁷ El operador recibe un 10-30% de reflejo cuando fotocura, la luz reflejada y dispersa produce efectos secundarios en los tejidos blandos estos dependerán de la longitud de onda y la cantidad de radiación que posee la luz. Más, sin embargo, la edad y la calidad de los tejidos son dependientes para la transferencia de calor y estos a la vez dependen de la vascularización.²¹

En las instrucciones adjuntas en la LCU no mencionan el límite que soporta la piel a la exposición de la luz. La piel del operador soportaría 11 minutos al estar expuesta a una lámpara con fracción UV con intensidad más alta, estos datos están dirigidos a profesionales no vulnerables a la fotosensibilidad, mientras que para trabajadores vulnerables o que consumen medicamentos fotosensibles como antidepresivos, antimicrobianos, antipsicóticos, diuréticos, anticonceptivos orales y medicamentos para el cáncer, este tiempo no es recomendable.^{21,22}

Unidades de fotopolimerización.

La LCU polimerizan los monómeros por intermedio de un sistema de activación lumínico, los materiales contienen fotoiniciadores que absorben la luz azul ultravioleta y dan lugar a reacciones fotosensibilizantes.²¹ En la tabla 1 se aprecia las diferentes unidades de fotopolimerización sus características, ventajas y desventajas.

Tabla 1: Tipos de lámparas de fotopolimerización.

LÁMPARAS DE FOTOCURADO DENTALES				
TIPOS	LÁMPARA HALÓGENA	LÁMPARA DE ARCO DE PLASMA	LÁMPARA DE LÁSER	LÁMPARA L.E.D.
Características	Unidades estándar por varios años. Intensidad de luz de 0.4 a 1.1 W/cm ² .	Fueron usadas para disminuir el tiempo de radiación Su potencia es de 2000 mW/cm ²	Produce un alto porcentaje de concentración de calor en una pequeña área.	Su efectividad es mayor que todas las disponibles en el mercado.
Longitud de onda	Aproximadamente 370 y 550 nm, con picos entre los 470 y 490 nm	Entre 380 y 500nm	Entre 450 y 500 nm.	Entre 400 y 500 nm, con un pico de 468 nm
Ventajas	Fue creada para tratar de reducir los efectos perjudiciales a las fuentes de luz ultravioleta	Según sus creadores, solo necesita 3s de exposición al material	Genera menos calor a los tejidos dentario, gracias a la baja producción de rayos infrarrojos	Máximo ahorro de energía, durabilidad más máxima, 10000 experimentando poca degradación

Desventajas	Se sobrecalienta por su generación alta de calor por lo que viene implementado un ventilador. Funciona con filtro para limitar la longitud de onda, consiguiendo ajustarse a la absorción de fotoiniciadores	Para reducir su longitud de onda, necesita un filtro así consigue que un espectro que roda los 450 a 500nm. Algunos de los materiales dentales no son sensibles a esta unidad.	Su espectro de luz esta sobre el límite de excitación de los fotoiniciadores por lo que dificulta la fotopolimerización.	Su luz es muy intensa, perjudicando los fotoreceptores gravemente.
-------------	--	--	--	--

Fuente: Romero M, Campos J. Riesgo ocular asociado con el uso de lámparas de fotocurado en el consultorio dental. *Odontol Pediatr.* 2018; 17(1): 61 –69.

Según estudios realizados en los años 80 informaron que las LCU halógenas de cuarzo tungsteno (QTH) no causaban daño en la vista porque poseían bajas intensidades de emisión aproximadamente de 300 mW/cm². En la actualidad la LCU de arco de plasma y LED emiten hasta 3000mW/m² más, he ahí la gran diferencia y la razón por la que tanto daño ocular causan.¹⁷

Según fabricante de las unidades LED afirman que sus productos otorgan 5000 mW/m², entregando 2 a 3 veces más que las unidades QTH y se emite en una longitud de onda de 430 a 480nm, es por eso que están dominando el mercado. Pero al ser más de mayor potencia tiene sus desventajas porque puede quemar los tejidos blandos si su manejo es incorrecto.⁴

Se llama irradiancia aquella potencia suministrada por la LCU a una superficie determinada y se expresa en de Watt / área (mW / cm²). La energía radiante es expresada el Joule/ Área (J / cm²), la dosis de energía necesaria para curar una resina de 2cm de grosor de composite es de 16-24 J /cm². La irradiancia al menos de 300 a 400 mW/cm² puede fotocurar 1 a 2 mm de composite en 40s.²³

Daños en el órgano pulpar.

En el músculo liso vascular la irradiación con luz azul también tiene sus efectos colaterales como por ejemplo eleva la peroxidación de lípidos, provocado por los ROS disminuyendo la proliferación celular de una forma dependiente y la vasoconstricción. Durante varios procedimientos dentales especialmente en aclaramiento, en la región pulpar numerosos vasos

sanguíneos se contraen provocando isquemia temporal potenciando el envejecimiento de la misma. El órgano pulpar sufre daños irreversibles a la exposición de electrones si alcanza temperaturas superiores a 42,5°C.⁶ En la tabla 2 se evidencia el aumento de temperatura en el órgano pulpar de las diferentes unidades de fotopolimerización más utilizadas en la consulta dental.

Tabla 2: Aumento de temperatura pulpar asociado a fuentes de luz de fotopolimerización.

AUMENTOS DE LA TEMPERATURA PULPAR (°C) ASOCIADO CON VARIAS FUENTES DE LUZ.			
Fuente de luz	Unidad de fotopolimerización	Tiempo de exposición (s)	Aumento de temperatura (°C), (SD)
Halógeno	HelioLux II	40	2,89 (0,30)
	Astralis 5	40	4,66 (0,47)
	QHL 75	40	5,59 (0,41)
	Optilux 500	40	7,33 (0,34)
	Resaltado de Elipar	40 (modo de 1 paso)	6,94 (0,22)
	Hilux	40	6,35 (4,46)
	XL 3000	40	4,46 (0,24)
Arco de plasma	Sistema de curado por arco de plasma ADT 1000	5	5,40 (0,31)
	Sistema de curado por arco de plasma ADT 1000	10	7,83 (0,86)
LED	Bluephase 16T	40	6,91 (0,26)
	Bluephase G2	40	5,81 (1,12)
	G-Light	40	7,03 (0,07)
	Elipar FreeLight II	40	3,47 (0,42)

Fuente: Yoshino F, Yoshida A. Effects of blue-light irradiation during dental treatment.

Japanese Dental Science Review 2018;54(4):160–8.

Prevención de los efectos de la luz azul en el consultorio dental.

Las barreras protectoras que evitan contaminaciones cruzadas como el uso de plástico desechable para cubrir la lámpara de polimerización reduce la intensidad de la luz por lo que el operador se ve obligado a aumentar el tiempo de exposición. Varios estudios concluyen que este método de desinfección puede llegar a disminuir la potencia de luz hasta un 40%, por lo tanto es

clave el uso de finas barreras de plástico y sobre todo que sea transparente para evitar la necesidad de sobre dosis de irradiancia.²³

Dentro de la consulta los pacientes necesariamente deben usar protección durante el fotocurado, sobre todo en tratamientos de aclaramiento dental porque es un proceso que dura hasta más de 1 hora y puede irradiarse 15 veces más debido a que se refleja la luz extraoral.²¹

La razón por la que se debe optimizar el procedimiento de fotocurado es para garantizar la seguridad del paciente, pues una exposición demasiado incesante puede provocar daños en la pulpa dental y daños adyacentes de la cavidad oral, por el contrario, si la exposición de luz es mínima o de corto tiempo, se obtendrá restauraciones defectuosas por mal curado del material, por lo que fracasará la restauración. La preocupación por el mantenimiento a las lámpara también es primordial, a pesar que las lámparas LED son instrumentos hechos para durar, al pasar del tiempo estas van perdiendo su vida útil ya sea en su batería o fallas técnicas es por eso que deben estar en constante mantenimiento para que la irradiación sea estable.⁵

Los odontólogos deben poner en práctica que no se debe irradiar más de lo necesario y prestar atención a la distancia entre el objeto a irradiar y la fuente de iluminación. Algunos profesionales estiman que alejar la luz del objetivo a curar disminuye el daño, pero lo que se obtiene es varianza de luz y por ende restauraciones defectuosas.⁶

La protección física de los ojos es uno de los métodos más eficientes para la reducción de luz mediante filtros de colores. Los especialistas recomiendan el color naranja, conjuntamente con el bronce que son los más utilizados.^{6,18}

Lastimosamente para los tejidos adyacentes como el tejido gingival y la mucosa bucal, no existe un bloqueador infalible para evitar la iluminación de la luz por lo que no es posible prevenir el daño tisular. Según va avanzando la tecnología, se cree que en el futuro la luz azul no sera utilizada por fotoiniciadores, tal es el caso del uso de alcaforquina. Todos los iniciadores de polimerización tendrán sustancias que se excitan con longitudes de onda largas, por eso el desarrollo de estos nuevos materiales será un gran paso a la seguridad del peligro de la luz azul.⁶

En la enfermedad de la retina inducida por luz azul, la inyección factor neurotrófico ciliar (CNTF) colocada en la cavidad vítrea, puede aplazar la degeneración y necrosis de las células fotorreceptores retinianas al disminuir la apoptosis celular, secretar factores neurotróficos y excitar las células de Müller.¹⁸

Recomendaciones para disminuir los daños ocasionado por la luz azul dentro de la consulta.

- Dirigir la irradiación al área específica de la cavidad oral que va destinado, evitando lo máximo exponer a los ojos.
- Prevenir la irradiación a los tejidos blandos, pues una exposición exagerada de luz puede causar irritación.
- La lámpara debe ser desactivada cuando no se use.
- Restringir el uso a pacientes con historial de reacciones fotobiológica o si está tomando medicamentos fotosensibles.
- Los profesionales que han sido sometidos a cirugías de catarata o enfermedad retina deben ser consultados por su oftalmólogo.
- Tanto el operador, asistente y paciente obligadamente deben estar protegidos con gafas con filtros bloqueadores de luz de longitudes de onda agresivas.
- Un consejo eficaz y simple es evitar el reflejo del espejo bucal así no solo evitaremos el reflejo hacia el profesional sino también mejorara la polimerización.²¹

RESULTADOS

En la tabla 3 se expone la información principal de los artículos y los aspectos más relevantes encontrados en su análisis.

Tabla 3: Análisis de artículos.

N°	AUTOR	TITULO	TIPO	AÑO	APECTOS CONCRETOS
1	Niwano y col.	Protective effects of blue light-blocking shades on phototoxicity in human ocular surface cells	Experimental	2019	Probaron tres pantallas bloqueadoras de luz azul: La primera de polímero (Acrylite: Mitsubishi Rayon), la segunda obstrucción violeta NXT crear UV y una tercer azul (NXT HCD 554/80). Todos recomendados para bloquear una Longitud de onda de 400 a 500nm. Se probó en epitelio corneal humano ubicados en posillos, con luz (405 nm con una irradiancia de 930 mW / cm ²) durante 3 min. La pantalla violeta redujo del 30% a 40 % el daño mientras que el azul tuvo una reducción del 15% a 30% superando a la pantalla de polímero. ⁷
2	Soares y col	Evaluation of Eye Protection Filters Used with Broad-Spectrum and Conventional LED Curing Lights	Experimental	2017	Compararon 15 filtros protectores (2 de vidrio, 1 de diseño compacto y 12 especializados para bloquear luz de onda única) frente a dos LCU una de amplio espectro (Valo, Ultradent; LO 389-500nm, I. 1625mW/cm ²) y otra convencional (HP-3M ESPE; LO 410-510 nm, I. 1680 mW/cm ²). Los filtros fueron de color naranja y rojo siendo el naranja más eficiente. En cuanto al grosor de material no hubo diferencia significativa.

					<p>El uso de LCU influyo mucho, las LCU HP-3M-ESPE fue significativamente mayor a la luz de LCU Valo, en cualquiera de los 15 filtro incluso en algunos filtros el bloqueo fue nulo al probar con VALO en longitud de onda por debajo de 420nm.</p> <p>En la prueba con luz convencional, el protector ocular que permitió mayor paso de luz fue el DB685 Protector ocular, seguido por XL 3000 ORTUS, Google Professional, y filtro de pelo Gnatus. El que más bloqueó la luz fue Filtro protector Valo. Los demás filtros pudieron reducir la luz a un nivel que es poco probable que la exposición cause daños durante una jornada laboral promedio.²⁴</p>
3	Kopperud y col.	Light curing procedures – performance, knowledge level and safety awareness among dentists	Analítico Observacional.	2017	<p>Encuestaron a odontólogos noruegos para saber los conocimientos acerca del uso de las LCU en su jornada.</p> <p>Los profesionales comunicaron que un 57,7% de su jornada realizan restauraciones con LCU. Un grupo de 15 odontólogos mencionaron que sobrepasan 20 restauraciones en un día. Cinco mencionaron fotocurar una capa común de resina en 60s, mientras que 31 dentistas dijeron que lo hacen la misma capa de resina en un tiempo de 28 s, pero con unidades con más alta irradiación.</p> <p>Un tercio de dentistas se protegían con un inapropiado protector ocular de la luz: un porcentaje del 1,7%, no usaron protector alguno, el 7,7% aparto la mirada de la luz y el 19,7% se cuidaban a través</p>

					<p>de un escudo protector conectado a la LCU. El 63,4 % si consideraron protegerse con protección adecuada con escudo manual individual y el 7,5% uso gafas de fotocurado dental. Se evidencio que los jóvenes son los que mayormente se preocupaban por la protección de sus ojos.</p> <p>El 60.7% hacen caso a las recomendaciones de los fabricantes de materiales, 38,9% optaron por hacer caso los consejos de las escuelas odontológicas un 17,9% respetaron las recomendaciones de los fabricantes de LCU y un mínimo 5,2% de dentistas tenían su propio reglamento a seguir implantada por la clínica en donde se desempeñan.⁵</p>
4	Abdulrahman y col	Knowledge of Dental Practitioners about Light Curing units in Saudi Arabia	Analítico	2018	<p>Realizaron un cuestionario a 407 odontólogos de Arabia Saudita entre edades de 21 a 77 años incluyeron practicantes y especialistas de diversas especialidades. Las preguntas fueron vinculadas al uso de las LCU.</p> <p>Un 78.8% mencionaron que usan LCU en sus consultorios de los cuales un 88.7% desconocían de la intensidad que estos instrumentos representan.</p> <p>El 73.7% no brindan mantenimiento de rutina a sus dispositivos.</p>

					El 70.3% siguen las instrucciones de los fabricantes y un 70.3% comunicaron evitar mantener fija la mirada en la luz de fotopolimerización evitando el uso de los protectores oculares. ²⁵
5	Yepes Zapata y col	Alteraciones visuales referidas por estudiantes de una facultad de odontología de la ciudad de Medellín	Descriptivo	2016	Realizaron un cuestionario a 97 estudiantes que realizaban sus prácticas pre profesionales. El cuestionario consistió en preguntas relacionada daños oculares producidos por la luz y medidas de protección contra la misma. Después de la jornada laboral manifestaron el 36,1% tener dolor de cabeza, el 32% fatiga ocular, y el 20,6% visión borrosa. Además, mencionaron tener otros síntomas como ardor, picazón y lagrimeo. El 70,1% mencionaron utilizar gafas de protección y el 16.1% no lo hacen. La luz más utilizada fue la amarilla con 42,3%, seguido de la luz blanca con el 8,2%, luego el Laser-LED con 3,1%, después la luz LED-UV con 2.1%, y finalmente otras luces con el 4.1%. ²⁶
6	Abdulhaq y col.	Training and experience effect on light-curing efficiency by dental practitioners	Experimental	2020	Realizaron un estudio en 50 estudiantes de preclínica y un segundo grupo de 50 graduados que estaban haciendo sus pasantías para saber el nivel de experiencia en la fotopolimerización de composite. Se pidió a los dos grupos que realicen restauraciones de clase I y III, en modelos previo a una capacitación y se procedió a medir. Se evidenció que los estudiantes no usaban sus gafas de protección

					<p>pese a que estaban presentes y para protegerse evitaban la luz, mirando hacia el horizonte.</p> <p>Se realizó la capacitación, procedieron a realizar los mismos tipos de restauraciones y se volvió a medir.</p> <p>En el primer análisis no hubo diferencia significativa entre los dos grupos.</p> <p>Después de haber educado del procedimiento de fotopolimerización, en el grupo de preclínica incremento la energía en las restauraciones de clase I y III un 54,7% y 52,7% respectivamente. Por otra parte, el grupo de pasantías 65,9% y un 64,7% en las mismas restauraciones. Mejorando un 11,6% más que el primer grupo.²⁷</p>
7	Mathew y col	Ocular Hazards from Use of Light-emitting Diodes in Dental Operatory	Revision bibliográfica	2017	<p>Mencionan que la modificación del tamaño la pupila y la absorción de la longitud de onda dañina son algunos métodos de protección que tiene el ojo. Se ha visto que el ojo tiene antioxidantes para la protección el daño de la luz ambiental intensa, pero pasado la mediana edad estos disminuyen un 50% por lo tanto la luz LED debe usarse con precaución en pacientes que han pasado de la mediana edad.</p> <p>Otro mecanismo es la respuesta de aversión que consiste en que el ojo de forma involuntaria se mueva, se produce en exposiciones de menos 0,25 s. Pero al tratarse de luz azul emanadas por las</p>

					unidades LED no siempre se da el fenómeno de aversión lo que intensifica el peligro a este tipo de luz. ³
8	Jarquín D., Bonilla	Aumento de la temperatura en la superficie dental durante la fotopolimerización	Comparativo	2016	<p>Analizaron 11 LCU para comparar la temperatura que alcanzan en los dientes. Las LCU fueron: 2 de cuarzo tungsteno halógena (QTH); 1 de diodo de emisor de luz LED sencilla; 6 unidades con LED con fibra óptica: entre ellas: Woodpecker, Gnatus, y 2 que funcionan con 4 LED´s.</p> <p>Las lámparas halógenas produjeron una temperatura de 5,54C° y 2,6°C respectivamente.</p> <p>La lámpara LED de fibra óptica Gnatus (6,21°C) mostro mayor aumento de temperatura (6.21) y el menor incremento presento Woodpecker (3,11°C). Está claro que comparado con las unidades QTH tienen similar rango de temperatura y son consideradas de temperatura moderada. La unidad LED sencilla que carece de fibra óptica, obtuvo temperatura más elevada. En cuanto a las LCU con 4 LED´s, la primera causo una temperatura de 4,58C°, mientras que la otra fue de 4,79C°. En este tipo de LCU aunque el tiempo de exposición es menor su intensidad es mayor, causando así dolores de cabeza y mayor dolor en la pieza dental.²²</p>
9	Muñoz y col	Efecto de lámparas led en aclaramiento dental en la clínica	Transversal, analítica y observacional	2017	Sometieron 28 pacientes a procesos de aclaramiento dental, los dientes intervenidos fueron piezas anterosuperiores de canino a canino, divididos en dos cuadrantes. En los dos cuadrantes usaron peróxido de hidrogeno al 35 y 40% pero con la diferencia que en el

		odontológica UCSG semestre 2017			<p>primer cuadrante usaron lámparas LED en dos sesiones de 15 minuto a 400 mW/cm² y en el segundo no usaron LCU.</p> <p>El 64% de la muestra afirmaron tener sensibilidad en el cuadrante usado luz LED 3 puntos en la escala de EVA, 14% obtuvieron 4 puntos, el 7% 2 puntos, 7% 5 puntos y otros 7% 6 puntos, a diferencia del cuadrante que no aplicamos luz LED, donde la sensibilidad fue de 0 puntos en un 11%, 71% 1 puntos, 7% 2 puntos y 11% 3 puntos en la misma escala.²⁸</p>
10	Armellin y col.	LED Curing Lights and Temperature Changes in Different Tooth Sites	Experimental	2016	<p>Analizaron 2 tipos de LCU LED para comparar la temperatura que provocan. El estudio fue realizado en 15 molares divididos en 3 grupos. El primer grupo se irradia con lámpara LED: VALO (EE. UU.), con intensidad de 1000mW / cm² durante 20 s. En el segundo grupo se usaron la misma LCU VALO, pero a 3200 mW/cm² durante 3s y en el tercer grupo usaron Starlight PRO (Italia), a una intensidad de luz de 1000 mW/cm² durante 20 s.</p> <p>En el grupo 1 la temperatura aumento 4,69 °C en el grupo 2 aumento 4,93 °C y en el grupo 3 aumento 2.36°C. La lámpara Starlight PRO mostro un pequeño aumento de temperatura comparada con la VALO.²⁹</p>
11	Benetti y col.	Influence of different types of light on the response of the	Revisión Sistemática	2017	<p>Realizó una revisión sistemática constituida de 12 artículos (4 estudios in vivo y 8 in vitro) para saber la influencia de diferentes tipos de luz sobre el tejido pulpar durante el blanqueamiento dental. En la mayoría de estudios realizaron luz halógena (430 y 500</p>

		pulp tissue in dental bleaching: a systematic review			<p>mW/cm²), luz LED (500 mW/cm²) y Laser (120 mW/cm²). Los rangos de longitud de onda de los experimentos fueron luz halógena 450 – 500 nm, luz LED 440 - 480 nm y láser en 660 y 808 nm: la distancia de la aplicación de la fuente de luz, osciló entre 5 y 10 mm.</p> <p>Estudios afirmaron que al elevar 5°C puede causar daños irreversibles en la pulpa, los estudios invitro elevaron la temperatura a 46 y 51C°, sin embargo, observaron que a los dos días presentaba cambios discretos en el órgano pulpar, pero fueron reversibles al tercer día, volviendo a la normalidad, igualmente sucedió en estudio hecho en ratas.</p> <p>En 4 estudio mencionaron que si existe citotoxicidad después del blanqueamiento, pero no proviene de la luz, ya que existen varios parámetros como el gel utilizado, grosor de la dentina que pueden ser determinantes para la sensibilidad dental.³⁰</p>
12	Pricea y col	The dental curing light: A potential health risk	Comparativo	2016	<p>Midieron dos tipos de lupas de aumento 3.5x y aumento de 2. Estas fueron colocadas en una esfera integradora conectada a un espectrómetro y se alineo con un modelo de dientes a 40cm y se irradiaron con LCU Sapphire Plus.</p> <p>Al colocar lupas la irradiación en la pupila fue 8 veces mayor. No obstante, dado que las dimensiones lineales de las imágenes resultantes serían de 2,5 a 3,5 veces más grande en la retina, se incrementó el área de la imagen en el cuadrado del aumento y el</p>

					riesgo de luz azul efectiva se redujo en comparación con sin las lupas. Es decir, mientras la irradiancia se eleva en la pupila, el tiempo de exposición diario acumulado máximo a la luz reflejada aumentó hasta 28 min. ¹²
13	Laura Downie	Blue-light filtering ophthalmic lenses: to prescribe, or not to prescribe?	Descriptivo	2017	Los lentes o gafas de bloqueo de luz atenúan selectivamente varios tipos de luz como luz UV de (200 a 400 nm), luz visible de longitud de onda corta incluida la luz violeta (380 a 440 nm) y luz azul (440 a 500 nm). Estos lentes al estar recubiertos de cromóforos que absorben la luz incidente de longitud de onda corta. El recubrimiento de interferencia antirreflejos en las superficies de los lentes puede reducir selectivamente la transmisión de regiones del espectro azul violeta. Varios proveedores aseguran y recomiendan el uso de este tipo de lentes para la protección de la luz azul pero aún no existe estudios clínicos que avalen su validez, según varios investigadores opinan que muchos de aquellos lentes que se promocionan es pura publicidad engañosa. ³¹
14	Bernstein y col.	Iron oxides in novel skin care formulations attenuate blue light for enhanced	Experimental y analítico	2021	En vista que el óxido de hierro (Fe ₂ O ₃) es eficaz para la protección de la luz azul pero cada uno en proporciona atenuación en específicas longitudes de onda (Fe ₂ O ₃ amarillo los 500 nm, Fe ₂ O ₃ rojo por debajo de los 570 nm y el Fe ₂ O ₃ negro todo el espectro visible). Incorporaron un formula combinado óxido de zinc, dióxido de titanio y óxidos de hierro con ingredientes patentados para el

		protection against skin damage			cuidado de la piel en varias formulaciones diseñadas para brindar protección y abordar problemas de la piel como enrojecimiento, hiperpigmentación y problemas de párpados superiores e inferiores. La combinación de estos componentes pudo brindar una atenuación del 71,9 al 85,6% en longitudes de onda de 415 a 465 nm. Más atenuación resulto en longitudes de onda corta como se esperaba. ¹⁰
15	Trevor R y col.	Daily blue-light exposure shortens lifespan and causes brain neurodegeneration in Drosophila.	Experimental	2019	Experimentaron en moscas y analizaron si la luz azul LED acelera el envejecimiento. Agruparon dos grupos de moscas, al primer grupo mantuvieron expuesto a 12 horas de luz azul LED y 12 horas en oscuridad, al segundo grupo conservaron en oscuridad total. Se evidencio que el grupo de moscas expuestos a la luz, mostraron daños en las células retinianas, neuronas y cerebrales, además afectación en la locomoción. Algunas moscas eran mutantes es decir no desarrollaron ojos, lo sorprendente es que también tenían daños cerebrales, lo que quiere decir que no hace falta ver a la luz necesariamente para que se produzca el daño. Notaron la reducción de vida comparando con las moscas dejadas en la oscuridad. ³²
16	YALÇIN y col.	The Effect of Light Curing Units on Proliferation and Senescence of	Experimental	2017	Realizaron un experimento con célula madres mesenquimales de la pulpa dental exponiendo a 3 tipos de LCU: Halógena, LED y arco de plasma. Todas las unidades tuvieron una longitud de onda entre 400 a 500nm. Se aplicaron unidades de curado halógeno en

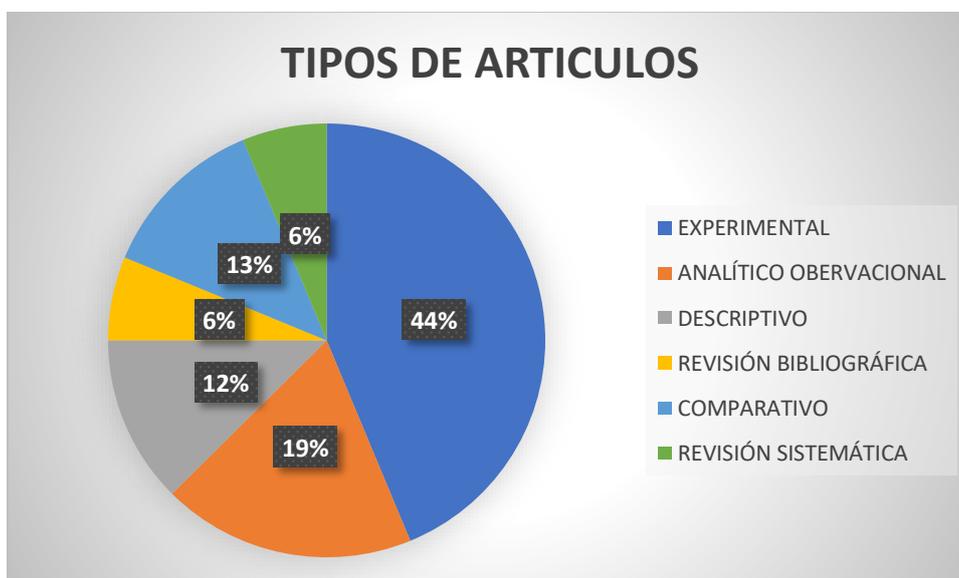
		Human Dental Pulp Mesenchymal Stem Cells		<p>proliferación de las células madre mesenquimales de la pulpa dental humana (hDP-MSC) durante 40 s (82 W); luz LED en hDP-MSC por 20 s (1200 mW / cm²); PAC-MOD1 (MOD normal) en hDP-MSC durante 10 s a Intensidad de luz 100% (1800mW / cm²). PACMOD2 (curado en rampa) que comienza con la mitad de la potencia y luego alcanza gradualmente la potencia máxima (2s 50% de intensidad de luz, 2s 80% de intensidad de luz, 2s 100% de intensidad de luz) se aplicó sobre hDP-MSC durante 6s. También se aplicó PAC-MOD3 (curado en 2 pasos) que comienza con la mitad de potencia y luego funciona a máxima potencia (3s 50% de intensidad de luz, 3s 100% de intensidad de luz) durante 6s.</p> <p>En cuanto a la proliferación celular no hubo diferencia significativa en todos los grupos excepto en el grupo de PAC-MOD3 (curado en 2 etapas) durante 6 s, siendo mayor. En la prueba de senescencia tampoco hubo diferencia significativa salvo el caso del grupo hDP-MSC expuestas a luz PAC-MOD2 (curado en rampa) durante 6 s que fue mayor que los demás.³³</p>
--	--	--	--	--

En el gráfico 1 se aprecia los años de publicación de los artículos utilizados en esta revisión, siendo en mayor cantidad los estudios del 2016 con 31% y los de menor cantidad del año 2021 con 6%. En el gráfico 2 se exponen los tipos de estudio analizados, los de mayor porcentaje fueron experimentales con 44% y de menor porcentaje revisiones sistemáticas con 6%.

Gráfico 1: Clasificación de artículos según el año de publicación.



Gráfico 2: Clasificación de artículos según el tipo de estudio.



En la tabla 4 se muestra la agrupación de los artículos según su contenido, los cuales el 43,63% tratan de los daños de la luz azul en la salud, el 21.88% mencionan los cuidados de la luz azul por parte de los odontólogos, el 31.3% tratan de los mecanismos protectores de la luz azul y un 6.25% aluden al uso de lupas de aumento y la relación con el riesgo de daño de la luz azul.

Tabla 4: Clasificación de artículos según su contenido.

CLASIFICACIÓN DE ARTÍCULOS				
DAÑO DE LA LUZ AZUL	40.63%	Dolor de cabeza	4.16%	
		Fatiga ocular, visión borrosa, picazón y lagrimeo.	2.08%	
		Aumento de la temperatura pulpar	14.58%	
		Dolor y sensibilidad dental.	8.83%	
		Envejecimiento de la piel.	6.25%	
		Daño a las células mesenquimales.	6.25%	
CUIDADOS POR PARTE DE LOS ODONTÓLOGOS DE LA LUZ AZUL	21.88%	Si se protegen.	8.83%	
		No se protegen.	12.50%	
PROTECTORES DE LA LUZ AZUL	31.25%	Filtros	12,50%	EFICIENTE
		Lentes protectores de ópticas y supermercados.	6.25%	FALSA PUBLICIDAD
		Óxido de hierro.	6.25%	EFICIENTE
		Protección natural del ojo.	6.25%	EFICIENTE
LUPAS DE AUMENTO	6.25%	No interfiere en el aumento del peligro de la luz azul.	6.25%	

DISCUSIÓN

El daño que provoca la luz parece no tener aún afirmaciones concluyentes, GhanimAhmed y Raziq en un estudio experimental de caso y control realizado en ratas que fueron expuestas a dispositivos de fotopolimerización LED reportaron que el 75% de ratas presentaron hiperplasia, y el 87% tuvieron inflamación gingival producidos por los estímulos térmicos y que desaparecieron pasadas las 4 semanas.³⁴ Por otra parte, Rueggeberg opina que no existe evidencia con respecto al alza de temperatura de los tejidos blandos y gingivales, aunque existen reportes de casos clínicos que han demostrado lesiones de labio y también enfermedad periodontal por exposiciones de 40 a 60s con intensidades de 1200mW/cm² pues la temperatura aumentado a 42°C, datos que concuerda con la presente investigación en la que se ha encontrado que el 50% de artículos revisados reportan síntomas como dolor de cabeza, aumento de la temperatura pulpar, dolor irritación ocular, sensibilidad pulpar, envejecimiento de la piel y daños de las células mesenquimales a causa del aumento de temperatura por parte de la luz azul.³⁷

A más de las lámparas de fotopolimerización el profesional estomatólogo utiliza varios dispositivos dentro y fuera del consultorio dental, tal es el caso de pantallas de tabletas, luz de cámara fotográfica, luz de lámpara de iluminación oral, computadores etc. Actualmente existen varios proveedores de lentes de protección que garantizan reducir un gran porcentaje el daño en la retina ocular. En esta revisión el 6.25% de artículos mencionan que no existe estudio alguno que demuestre la eficacia de lentes que se encuentran en el mercado, afirman que solo es publicidad engañosa.³¹ Por otra parte, Hiromoto y cols investigaron la relación entre lentes de colores y el porcentaje de muerte celular. La tasa de muerte celular aumentó en los grupos sin lentes en un 7% a 12%. Además, informaron que la viabilidad celular mejoró en un 40% en los grupos con lentes y el nivel de producción de ROS disminuyó significativamente. El color amarillo intenso fue el lente con mayor capacidad protectora, mientras que el color rosa fue el que menos protección obtuvo. Este autor concluyó y demostró que los lentes de colores si protegen los ojos del peligro de la luz azul, sobre todo de lentes de colores sin efecto reflejante.³⁵ Así mismo Giannos y col experimentaron gafas de sol y lentes que según sus proveedores afirmaron bloquear la luz azul de 400 a 450 nm. Todas las gafas fueron de policarbonato y vidrio. Las gafas de sol bloquearon del 67% al 99.8% de luz azul.³⁶ En otro estudio Leung y cols informaron que los lentes de protección pueden ser una herramienta complementaria mas no un medio que asegura la protección; en vista que en su estudio redujo un 10.6% y 23.6% la fototoxicidad potencial y la sensibilidad ectópica un 2.4% a 9.6%. Mencionaron también que las ventajas de las gafas es que no presentaron degradación en el rendimiento visual ni la calidad del sueño.³⁷ La información de

los autores mencionados no concuerdan con el presente estudio en vista que sus experimentos demostraron múltiples beneficios de las gafas protectoras.

Según encuesta realizada a 302 consultorios en Alemania por Claus y cols. Los odontólogos informaron que se exponen 20s en cada restauración en el cual el 86% de odontólogos si protegían sus ojos de la luz;³⁸ Así mismo según artículo de este documento desarrollado por Kopperud y cols en Noruega, el tiempo de exposición de los odontólogos alemanes fue menor con 8 s, en ambos países se aprecia la preocupación y el conocimiento que tienen acerca del peligro de las LCU. En noruega los odontólogos obtuvieron un porcentaje ligeramente mayor; el 90% de profesionales se protegían los ojos de forma adecuada. Los datos expuestos por los autores discrepan fuertemente con esta revisión en donde el 12.5% de estudios afirman que al parecer los dentistas no se preocupan por su salud, especialmente en países del medio oriente como Arabia Saudita en donde el 70.3% de dentistas no usaron instrumento de protección alguno solo evitaron la luz mirando hacia el horizonte.^{34,38,25} En otro punto Tae-Yoon Hwan encuestó a 144 profesionales de clínicas y hospitales de Daegu y Gyeongsangbuk-do Corea para conocer los peligros laborales y el nivel de conciencia que tenían los odontólogos dentro de su trabajo, los encuestados respondieron que el 42.4% trabajaban con unidades de fotopolimerización de los cuales apenas el 31% utilizaban gafas de protección ocular; las principales excusas para no usar equipo de protección fueron: Estar ocupados, no contar con el equipo de protección, no creer que es necesario. Comparado con países como Noruega y Alemania claramente se observa muy poco interés por prevenir el riesgo en su salud.³⁹

Sook-Jeong Lee en su estudio probó la eficacia de puntas de fotopolimerización de acuerdo a su grosor, tres puntas fueron de 2mm y una punta de 5mm, además probó tres tipos de colores de gafas de fotocurado que fueron de color naranja, rojo y amarillo; fueron expuestas a una onda de luz fue de 370 a 500nm. La transparencia de luz por medio de los filtros fue de 0,12% para la punta de 5mm y de 0,14% a 3,31% para las puntas de 2mm. El autor demostró que los filtros de 5mm son más eficaces, en cuanto a las gafas según el tipo de color obtuvieron una transmitancia muy baja de 0,14% la de color naranja, seguida de la roja con 3,31% y la de amarillo con 3,98%. El uso de filtros en las puntas de fotopolimerización con las gafas protectoras asegura el bienestar de los ojos del dentista, información que concuerda con el criterio de artículos de esta revisión en donde el 12.50% de autores hablan de la eficiencia de estos instrumentos.⁴⁰ En otro estudio similar, el mismo autor comparó tres tipos de colores de gafas que fueron de color amarillo, rojo y naranja, menciona que el color naranja tiene menor transmitancia de luz apenas con el 0,27% seguido del color rojo con 6.59% y amarillo siendo menos eficiente con el 12,53% de transparencia.⁴¹ Esto datos se asemejan a

la información dada por Ruedgeberg y col en esta revisión en donde afirmo que la gafas de color naranja dejan pasar aproximadamente el 1% de la luz de las LCU hacia los ojos.⁴²

Se sospecha que la falta de educación e información acerca de la manipulación de unidades de fotopolimerización y el uso de medidas de protección durante el proceso académico combinado con la inexperiencia representan los principales factores responsables de que los futuros profesionales fracasen en una correcta fotopolimerización dental, así demostró un estudio citado en la presente revisión en donde mostro falta de conocimientos de dentistas sobre todo de estudiantes en los protocolo a seguir, la mayoría no tomaron en cuenta del peligro que conlleva el uso de la las LCU y otros trataron de evitar con métodos incorrectos como ``no mirar la luz``. Los autores manifestaron que este tipo de maniobras llegan a ser perjudiciales para la restauración puesto que por evitar mirar la luz inclinan la LCU y no dan en el blanco. Midieron la energía en restauraciones antes y después de educar a estudiantes de preclínica y a otros que estaban haciendo sus pasantías en el área rural. Dieron a conocer un incremento de la energía en las restauraciones de 52,7% a 54,7% en los estudiantes y en el grupo de pasantías de 64,7% a 65,9%.²⁷ Así mismo en un estudio similar realizado por Tauböck y col redujo significativamente la dispersión de la luz y la irradiación aumentó de 5% a 8%.⁴³ Aparentemente es indispensable la instrucción correcta del protocolo y los cuidados a la hora de manipular las unidades de fotopolimerización dental.

CONCLUSIONES:

Después de haber analizado varios estudios que tratan sobre los peligros que conlleva el uso de la luz azul se concluye que al presentar longitud de onda corta presenta efectos nocivos para el ser humano, los principales efectos adversos en los ojos son fotoretinosis que en el futuro si no es tratada puede llegar a opacificar el cristalino transformándose en cataratogénesis, además, puede ocasionar enfermedad del ojo seco y acelerar la enfermedad de degeneración macular relacionada con la edad, mediante daños fotoquímicos en la retina.

Se ha observado mediante el daño fotomecánico en la piel produce calor alcanzando capas profundas hasta dañar el ADN, ocasionando daño celular y acelerando el envejecimiento, por lo tanto, es importante proteger estas áreas expuestas; además la producción de radicales libres como el ácido nítrico que inicia con procesos de oscurecimiento, manchas y melasma.

La luz azul también ocasiona alteraciones en el ritmo circadiano por la disminución de melatonina, produce un estado de alerta afectando la conciliación del sueño, por lo que se debe establecer jornadas laborales y horarios estrictos para que haya una adaptación equilibrada del organismo.

Las LCU compuestas con luz LED oral puede ocasionar quemaduras en los labios y recesión gingival y en el órgano pulpar eleva la temperatura ocasionando daños irreversibles, es por eso que para el cuidado de la mucosa oral podemos utilizar dique de goma que es el único método de barrera comprobado hasta la actualidad que permite protección.

Los odontólogos y los pacientes están expuestos a una gran cantidad de luz azul dentro de la consulta y muchas veces no usan medidas de protección adecuada ya sea por diversos factores como desconocimiento de los peligros de la luz azul, falta de equipos de protección, falta de tiempo o simplemente por descuido.

Luego de analizar estudios actuales y observar las falencias existentes en el cuidado durante la consulta odontológica se concluye que un gran porcentaje del personal odontológico a descuido la protección de su salud de los peligros de la luz azul, por lo que mediante este análisis se indica las medidas que mayormente han sido verificadas con múltiples estudios y son gafas y lentes protectores, filtros protectores manuales y puntas que vienen integradas en la LCU siendo el color naranja el más recomendado. Por otra parte, el conocimiento de las LCU con las que trabajan cada profesional y el mantenimiento de las mismas, a más de ayudar la protección de su salud también ayudan a tener un correcto fotocurado del material.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]. Dalal D, Samanta D, Dalal D. Effect of Blue Light on Human Eye: Advances to counter its impact (A Review). *Journal of Dental and Medical Sciences* 2020;19(1):62–66.
- [2]. Bullough J, Peana S. Investigating Blue-Light Exposure from: Lighting and Displays. *Information Display* 2020;36(1):17–20.
- [3]. Mathew J, Nair M, Nair N, James B, Syriac G. Ocular hazards from use of light-emitting diodes in dental operator. *J Indian Acad Dent Spec Res* 2017;4(1):28-31.
- [4]. Fluent M, Ferracane J, Mace J, Shah A, Price R. Shedding light on a potential hazard. *The Journal of the American Dental Association* 2019;150(12):1051–1058.
- [5]. Kopperud S, Rukke H, Kopperud HM, Bruzell E. Light curing procedures – performance, knowledge level and safety awareness among dentists. *Journal of Dentistry* 2017;58:67–73.
- [6]. Yoshino F, Yoshida A. Effects of blue-light irradiation during dental treatment. *Japanese Dental Science Review* 2018;54(4): 160-168.
- [7]. Niwano Y, Iwasawa A, Tsubota K, Ayaki M, Negishi K. Protective effects of blue light-blocking shades on phototoxicity in human ocular surface cells. *BMJ Open Ophth* 2019;4(1):1–9.
- [8]. Herrera M, Porras L, Estrella C. PROPUESTA DE DECLARACIÓN DEL ESPECTRO ELECTROMAGNÉTICO PARA ECUADOR. *Revista Geoespacial* 2019;15(1):15–32.
- [9]. Tao J, Zhou W, Zhu X. Mitochondria as Potential Targets and Initiators of the Blue Light Hazard to the Retina. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* 2019;2019:1–20.
- [10]. Bernstein E, Sarkas H, Boland P. Iron oxides in novel skin care formulations attenuate blue light for enhanced protection against skin damage. *J Cosmet Dermatol* 2021;20(2):532–537.
- [11]. Wahl S, Engelhardt M, Schaupp P, Lappe C, Ivanov IV. The inner clock—Blue light sets the human rhythm. *J. Biophotonics* 2019;12(12):1–14.
- [12]. Price R, Labrie D, Bruzell E, Sliney D, Strassler H. The dental curing light: A potential health risk. *Journal of Occupational and Environmental Hygiene* 2016;13(8):639–646.
- [13]. García J. La luz azul: De las evidencias científicas a la atención al paciente. *International Review of Ophthalmic Optics* 2017:88–94.
- [14]. Sabina P, Perri D, Vlad B, Ciubara A, Marilena M, Virginia M. The Effects of Blue Light in Modern Society. *BRAIN* 2019;10:5–11.
- [15]. Rosenfield M. Blue light Review of Optometry paper. *REVIEW OF OPTOMETRY* 2019;15:56–60.

- [16]. Zhao Z, Zhou Y, Tan G, Li J. Research progress about the effect and prevention of blue light on eyes. *Int J Ophthalmol* 2018;11(12):1999–2003.
- [17]. Alasiri R, Algarni H, Alasiri R. Ocular hazards of curing light units used in dental practice – A systematic review. *The Saudi Dental Journal* 2019;31(2):173–180.
- [18]. Ouyang X, Yang J, Hong Z, Wu Y, Xie Y, Wang G. Mechanisms of blue light-induced eye hazard and protective measures: a review. *Biomedicine & Pharmacotherapy* 2020;130:1–8.
- [19]. Cardona M, Fierro L, Cabrera A, Vidal A. Efectos de la radiación electromagnética en la piel. *Dermatol Rev Mex* 2017;61(4):292–302.
- [20]. Coats J, Maktabi B, Abou-Dahech M, Baki G. Blue Light Protection, Part I—Effects of blue light on the skin. *J Cosmet Dermatol* 2021;20(3):714–717.
- [21]. González M, Campos J-. Riesgo ocular asociado con el uso de lámparas de fotocurado en el consultorio dental. *Odontol Pediatr* 2018;17(1):61–69.
- [22]. Hernández D, Bonilla S. Aumento de la temperatura en la superficie dental durante la foto-polimerización. *Revista Odontología Vital* 2016;(25):17–22.
- [23]. Suliman A, Abdo A, Elmasmari H. Effect of Contamination, Damage and Barriers on the Light Output of Light-Curing Units. *TODENTJ* 2019;13(1):196–202.
- [24]. Soares C, Rodrigues M, Vilela A, et al. Evaluation of Eye Protection Filters Used with Broad-Spectrum and Conventional LED Curing Lights. *Braz. Dent. J.* 2017;28(1):9–15.
- [25]. Alsuliman S, AlJohani M, AlTamimi H. Knowledge of Dental Practitioners about Light Curing units in Saudi Arabia. *Int J Dent & Oral Heal* 2018;4(9):127–129.
- [26]. Yepes V, Maya O, Gómez J, Ríos M, Pineda S. Alteraciones visuales referidas por estudiantes de una Facultad de Odontología de la ciudad de Medellín. *Revista Colombiana de Investigación en Odontología* 2016;7(21):20–29.
- [27]. Suliman A, Abdo A, Elmasmari H. Training and experience effect on light-curing efficiency by dental practitioners: Training and experience effect on light-curing. *J. Dent. Educ.* 2020;84(6):652–659.
- [28]. Calderón R, Ampuero D. Efecto de lámparas led en aclaramiento dental en la clínica odontológica UCSG semestre 2017. 2018;14(62):143-147.
- [29]. Armellin E, Bovesecchi G, Coppa P, Pasquantonio G, Cerroni L. LED Curing Lights and Temperature Changes in Different Tooth Sites. *BioMed Research International* 2016;2016:1–10.
- [30]. Benetti F, Lemos C, Gallinari M. Influence of different types of light on the response of the pulp tissue in dental bleaching: a systematic review. *Clin Oral Invest* 2018;22(4):1825–1837.

- [31]. Downie L. Blue-light filtering ophthalmic lenses: to prescribe, or not to prescribe? *Ophthalmic Physiol Opt* 2017;37(6):640–643.
- [32]. Nash T, Chow E, Law A, et al. Daily blue-light exposure shortens lifespan and causes brain neurodegeneration in *Drosophila*. *npj Aging Mech Dis* 2019;5(1):8.
- [33]. Yalçın Y, Kenar H, Dayı B, Şişman R, Karaöz E. The Effect of Light Curing Units on Proliferation and Senescence of Human Dental Pulp Mesenchymal Stem Cells. *International Journal of Dental Sciences and Research* 2016;4(2):6–10.
- [34]. Ahmed A, Raziq A. Evaluation of Light-Emitting Diodes' Effects on the Expression Level of P53 and EGFR in the Gingival Tissues of Albino Rats. *Medicina* 2019;55(9):605.
- [35]. Hiromoto K, Kuse Y, Tsuruma K, et al. Colored lenses suppress blue light-emitting diode light-induced damage in photoreceptor-derived cells. *J. Biomed. Opt* 2016;21(3):035004.
- [36]. Giannos S, Kraft E, Lyons L, Gupta P. Spectral Evaluation of Eyeglass Blocking Efficiency of Ultraviolet/High-energy Visible Blue Light for Ocular Protection. *Optom Vis Sci* 2019;96(7):513–522.
- [37]. Leung T, Li R, Kee C. Blue-Light Filtering Spectacle Lenses: Optical and Clinical Performances. González-Méijome JM, ed. *PLoS ONE* 2017;12(1):1–15.
- [38]. Ernst C, Price R, Callaway A, et al. Visible Light Curing Devices - Irradiance and Use in 302 German Dental Offices. *J Adhes Dent* 2018;20(1):41–55.
- [39]. Choi H, Hwang T, Jeon M. Awareness of occupational hazards and personal protective equipment use among dental hygienists. *Yeungnam Univ J Med* 2018;36(1):20–25.
- [40]. Lee S. A Convergence Study on Comparison of the Difference in the Blue-Light Transmittance by Goggles and Dental Curing Light Unit Tips. *Journal of the Korea Convergence Society* 2019;10(12):177–181.
- [41]. Lee S. Comparison of Blue Light Blocking Effects of Tips and Tinted Lenses for Dental Light Curing Machines. *MLU* 2020;20(1):1997–2001.
- [42]. Rueggeberg F, Giannini M, Arrais C, Price R. Light curing in dentistry and clinical implications: a literature review. *Braz Oral Res* 2017;31(1):64–91.
- [43]. Tauböck T, Par M, Attin T, Burrer P. Effectiveness of Using a Patient Simulator with Real-Time Feedback to Improve Light-Curing Skills of Dental Students. *Applied Sciences* 2020;10(22):2–8.

Montero Yamasqui, Darwin Isidro portador de la cédula de ciudadanía con C.I.: 0350248241. En calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación **“EFECTOS ADVERSOS DE LA LUZ AZUL EN LA CONSULTA ODONTOLÓGICA”** de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de este trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Azogues, junio 2021



F:

Montero Yamasqui, Darwin Isidro

C.I. 0350248241

Biblioteca Universitaria
MONS. "FROILAN POZO QUEVEDO"



El Bibliotecario de la Sede Azogues

CERTIFICA:

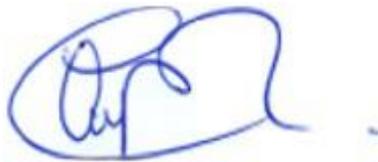
Que, **Darwin Isidro Montero Yamasqui** portador(a) de la cédula de ciudadanía N.º **0350248241** de la Carrera de **Odontología**, Sede Azogues, Modalidad de estudios presencial no adeuda libros, a esta fecha.

Azogues, **01 de julio del 2021**

Biblioteca Universitaria
MONS. "FROILAN POZO QUEVEDO"

.....
Sr. Byron Alonso Torres Romo

Dra. Cristina Mercedes Crespo Crespo responsable de la Unidad de Titulación de la carrera de Odontología de la Universidad Católica de Cuenca sede Azogues, certifica que el trabajo titulado **“EFECTOS ADVERSOS DE LA LUZ AZUL EN LA CONSULTA ODONTOLÓGICA”** del estudiante Montero Yamasqui Darwin Isidro, portador de la cédula de ciudadanía 0350248241 ha sido controlado por el sistema Turnitin reflejando una coincidencia del 5% con las fuentes bibliográficas cuya evidencia se adjunta.



Firma:

control similitud Darwin Montero

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%

INDICE DE SIMILITUD

7%

FUENTES DE INTERNET

3%

PUBLICACIONES

1%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

op.spo.com.pe

Fuente de Internet

1%

2

dspace.ucacue.edu.ec

Fuente de Internet

1%

3

Fumihiko Yoshino, Ayaka Yoshida. "Effects of blue-light irradiation during dental treatment", Japanese Dental Science Review, 2018

Publicación

1%

4

coek.info

Fuente de Internet

1%

5

es.wikibooks.org

Fuente de Internet

1%

6

www.slideshare.net

Fuente de Internet

1%