

**Efecto de la Activación del Blanqueamiento Dental Mediante Laser Diodo Vs Luz Led  
Sobre la Pulpa. Una Revisión Sistemática**

**Mirley Cáceres Ibargüen y Juan David González García**

**Trabajo de grado para optar el título de especialista en Endodoncista**

**Director**

**Dra. Johanna Hernández**

**Especialista en Endodoncia**

**Codirector**

**Dr. Óscar Mauricio Jiménez Peña**

**Doctor en Salud Pública**

**Universidad Santo Tomás, Bucaramanga**

**División de Ciencias de la Salud**

**Especialización en Endodoncia**

**2021**

## Contenido

Introducción .....	9
1. Formulación del problema.....	12
1.1 Planteamiento del problema.....	12
1.2 Pregunta de investigación.....	14
2. Justificación .....	14
3. Marco teórico.....	17
3.1 Células pulpares .....	17
3.2 Blanqueamiento.....	19
3.2.1 Historia.....	19
3.2.2 Mecanismos de acción.....	21
3.2.3 Tipos de blanqueamiento dental.....	22
3.2.4 Técnicas de blanqueamiento .....	25
3.2.5 Sistemas de activación.....	28
3.2.6 Laser .....	29
3.2.7 Interacción laser - tejido.....	30
3.2.8 El láser de diodo en odontología .....	32
3.2.9 Luz LED (Light Emitting Diode).....	33
4. Objetivos.....	34
4.1 Objetivo general .....	34
4.2 Objetivos específicos.....	34
5. Aspectos metodológicos .....	35
5.1 Tipo de estudio.....	35

5.2	Objeto de estudio.....	35
5.3	Población de estudio.....	35
5.4	Unidad de análisis .....	35
5.5	Criterios de selección .....	36
5.6	Operacionalización de las variables .....	36
5.7	Procedimiento.....	37
5.7.1	Pregunta problema.....	37
5.7.2	Fuentes de información y estrategias de búsqueda .....	37
5.7.3	Selección de los estudios .....	38
5.7.4	Proceso de extracción de datos.....	38
5.7.5	Análisis de la calidad metodológica y nivel de evidencia.....	38
5.7.6	Riesgo de sesgo en los estudios individuales .....	39
5.8	Aspectos éticos.....	39
5.9	Análisis de datos.....	40
5.9.1	Conducción del Estudio.....	40
6.	Resultados.....	41
6.1	Estudios seleccionados .....	41
6.2	Características de los estudios.....	42
6.2.1	Estudios de penetración.....	42
6.2.2	Estudio de citotoxicidad .....	44
6.2.3	Estudios de temperatura .....	45
6.3	Evaluación del riesgo de sesgo.....	46
7.	Discusión .....	47

8. Conclusiones..... 53

9. Recomendaciones ..... 54

Referencias..... 55

**Lista de tablas**

**Tabla 1.** *Criterios de inclusión y exclusión*..... 36

**Tabla 2.** *Términos definidos para la búsqueda bibliográfica*..... 37

**Lista de figuras**

<b>Figura 1.</b> <i>Operacionalización de las variables</i> .....	36
<b>Figura 2.</b> <i>Diagrama de flujo a través de las diferentes fases de una revisión sistemática.</i> .....	39
<b>Figura 3.</b> <i>Diagrama de flujo de búsqueda y selección de artículos.</i> .....	40
<b>Figura 4.</b> <i>Artículos excluidos</i> .....	42
<b>Figura 5.</b> <i>Evaluación de calidad y riesgo de sesgo.</i> .....	47

### **Resumen**

El aclaramiento dental es una técnica de óxido-reducción que busca el blanqueamiento de pigmentaciones del esmalte dental. El peróxido de hidrogeno puede producir alteraciones de la pulpa al liberar especies reactivas de oxígeno. Objetivo: Analizar los efectos de la activación del blanqueamiento dental mediante láser diodo vs luz LED sobre la pulpa reportados en la literatura. Metodología: Se realizaron búsquedas electrónicas en las bases de datos Pubmed, Medline, Web Of Science, Scielo, Lilacs, Cochrane Library de los últimos quince años para estudios in vitro, en idioma inglés, español y portugués. La evaluación de la calidad metodológica, riesgo de sesgo y la extracción de datos se realizaron de forma independiente y por duplicado. Resultados: Se incluyeron doce artículos, dos de penetración, uno de citotoxicidad y nueve de aumento de temperatura intrapulpar. No hay diferencias estadísticamente significativas en cuanto la penetración del peróxido de hidrógeno de 35-45% en la cámara pulpar con o sin activación. La longitud de onda del láser si tuvo un efecto significativo, y las sustancias liberadas por el gel al 35% son citotóxicas para los fibroblastos. Nueve estudios documentaron que el aumento de temperatura estuvo por debajo del valor crítico de 5.6 °C y tres estudios informaron que la activación por luz de los materiales blanqueadores provocó aumentos de temperatura considerados críticos. Conclusiones: Entre mayor sea la longitud de onda y/o la potencia, mayor será la temperatura encontrada y la penetración del agente blanqueador. El láser de diodo presenta mayor aumento de temperatura comparado con la luz LED.

Palabras clave: Blanqueamiento dental, láser diodo, luz led.

### **Abstract**

Dental whitening is an oxide-reduction technique that seeks to whiten pigmentations in tooth enamel. Hydrogen peroxide can alter the pulp by releasing reactive oxygen species. Objective: To analyze the effects of the activation of tooth whitening by means of diode laser vs LED light on the pulp, reported in the literature. Methodology: Electronic searches were carried out in Pubmed, Medline, Web of Science, Scielo, Lilacs, and Cochrane Library databases for the last fifteen years, for in vitro studies, in English, Spanish and Portuguese. Assessment of methodological quality, risk of bias and data extraction were performed independently and in duplicate. Results: Twelve articles were included, two of penetration, one of cytotoxicity and nine of increased intrapulpal temperature. There are no statistically significant differences regarding the penetration of 35-45% hydrogen peroxide in the pulp chamber with or without activation. The wavelength of the laser had a significant effect, and the substances released by the 35% gel are cytotoxic to fibroblasts. Nine studies documented that the temperature rise was below the critical value of 5.6 ° C, and three studies reported that light activation of the bleaching materials caused temperature increases considered critical.

Keywords: Teeth whitening, diode laser, led light



## Introducción

El aclaramiento dental es una técnica basada en un proceso químico de óxido-reducción que busca el blanqueamiento de pigmentaciones de la superficie del esmalte dental (. . .) Una de las causas frecuentes de consulta estética son los cambios de color por causas intrínsecas o extrínsecas, o simplemente, el deseo de tener los dientes cada vez más claros (Carreño, 2015, p. 32).

“El principal agente de blanqueamiento usado es el peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ), el cual debido a su bajo peso molecular se difunde a través del esmalte, dentina y puede eventualmente alcanzar el espacio pulpar causando daños a este tejido” (Seghi, 1992, como se cita en Cedillo, 2016, p. 10). Sin embargo, también se encuentra el peróxido de carbamida y el perborato de sodio. El  $H_2O_2$  utiliza diferentes concentraciones (15-38%); directamente sobre la superficie del diente, pero puede requerir un tiempo de aplicación más prolongado o varios tratamientos para lograr resultados óptimos. Sin embargo, un tiempo de aplicación más prolongado aumentarían el riesgo de inflamación pulpar. Por lo tanto, los investigadores han intentado reducir el tiempo acelerando la descomposición del peróxido de hidrógeno para poder lograr efectos más rápidos, menor daño a la pulpa y mejor satisfacción del paciente.

Sin embargo, estudios de citotoxicidad han encontrado cambios en la pulpa dental solo con el uso de agentes blanqueadores a altos porcentajes, como el peróxido de hidrogeno el cual produce alteraciones histoquímicas al liberar especies reactivas de oxígeno (ROS) que alcanzan el tejido pulpar y causan daño celular. Igualmente, estudios de cultivos celulares demuestran cambios en la morfología y viabilidad celular de la pulpa, así como en la actividad enzimática. Según Vaz et al (2016) las respuestas inflamatorias causadas por agresores químicos involucran eventos que incluyen el fenómeno vascular – exudativo y la infiltración de las células inflamatorias como los

mastocitos y los macrófagos. Para Trindade et al (2009) después de tres aplicaciones consecutivas de un agente blanqueador al 35%, la difusión de los componentes del gel a través del esmalte y la dentina provocó efectos tóxicos graves en las células pulpares cultivadas.

La activación de los geles de blanqueamiento se ha estudiado desde principios de la década de 1980 con el fin de acelerar el proceso de blanqueamiento del peróxido de hidrógeno. La fuente de energía puede derivarse de lámparas de curado halógenas de color azul, láseres infrarrojos de CO<sub>2</sub>, lámparas de arco de plasma de color azul, así como del láser de argón azul frío, láseres de diodo o luz LED (Alqahtani, 2014). La aplicación de calor, luz o láser se usa para aumentar la temperatura de un agente blanqueador aplicado a la superficie del diente, aumentando así la velocidad de descomposición del oxígeno para formar radicales libres de oxígeno mejorando la liberación de moléculas que contienen manchas (Buchalla & Attin, 2007; Joiner, 2006; Kiomars et al, 2016).

Las primeras técnicas empleaban tanto calor como luz, con una aprobación positiva de que el uso del calor como catalizador aceleraría la descomposición del peróxido, blanqueando los dientes más rápido. Sin embargo, este método aumentaba la temperatura y la sensibilidad del diente, posteriormente, se han desarrollado nuevos sistemas que utilizan luz [luces halógenas, luces de xenón-halógeno, arcos de plasma, diodos emisores de luz (LED), LED más láseres y láseres] para acelerar el proceso de blanqueamiento y generar menos calor (Benetti et al, 2019). Teniendo en cuenta todo lo anterior esta revisión sistemática tiene como objetivo analizar los efectos de la activación del blanqueamiento dental mediante laser diodo vs luz LED sobre la pulpa reportados en la literatura.

Por otro lado, los peróxidos se activan con fuentes de energía externas disponibles en el mercado para realizar este tipo de procedimientos, cada una con sus ventajas y desventajas. Las

primeras técnicas empleaban tanto calor como luz, con una aprobación positiva de que el uso del calor como catalizador aceleraría la descomposición del peróxido, blanqueando los dientes más rápido, por ejemplo, unidades de fotopolimerización de diodos emisores de luz, conocidas como LED (diodos emisores de luz), fotopolimerizadores de luz halógena, láseres de diodo y dispositivos basados en arco de plasma. En la actualidad el láser diodo y la luz LED son los más utilizados en activación de los agentes blanqueadores y presentan diferentes longitudes de ondas que son absorbidas por los cromóforos (Benetti et al, 2018)

A su vez, estudios han reportado cambios de temperatura pulpar durante la activación de los agentes blanqueadores. Un aumento de la temperatura por encima de 5.5°C puede llevar a una reacción inflamatoria, causando dolor y degeneración pulpar (Mollica et al, 2010). Además, Eldeniz et al (2005) la activación por luz de los materiales de blanqueamiento con láser diodo causó cambios importantes porque los aumentos máximos de temperatura se consideran críticos para la salud pulpar. En la actualidad, existe una creciente preocupación por el uso de fuentes de luz externas en odontología, ya que estas pueden generar un aumento de la temperatura intrapulpar, que pueden ser perjudiciales para su vitalidad.

## 1. Formulación del problema

### 1.1 Planteamiento del problema

El blanqueamiento dental es una técnica basada en un proceso químico de óxido-reducción, que busca mejorar la apariencia de la superficie dental, siendo una de las causas más frecuentes en la consulta debido a pigmentaciones intrínsecas o extrínsecas. Los procedimientos de blanqueamiento se han clasificado según el tipo de diente:

Vital: cuando se realiza en dientes que mantienen la función de los tejidos pulpares y el agente blanqueador se coloca sobre la superficie externa del esmalte,

No –vital: cuando se efectúa sobre dientes sometidos a tratamiento endodóntico y el agente aclarador se coloca dentro y fuera del diente (Sánchez, 2016, p. 22).

Las terapias de blanqueamiento en el consultorio se pueden realizar utilizando protocolos de blanqueamiento activados químicamente o fotoactivados. El tratamiento fotoactivado implica la aplicación de una alta concentración de agente de peróxido de hidrógeno (30-38%), el cual requiere una técnica de activación física, físico-química, química como el calor o la luz para disociarlo. El uso de activación lumínica aumenta la temperatura del diente siendo esta una de las grandes preocupaciones al momento de utilizarlas debido a que estudios han demostrado alteraciones histológicas en las células pulpares (Benetti et al, 2019).

En este sentido, se han encontrado efectos citotóxicos solo con el uso de agentes blanqueadores a altos porcentajes como el peróxido de hidrogeno, el cual produce alteraciones histoquímicas al liberar especies reactivas de oxígeno (ROS) que alcanzan el tejido pulpar y causan daño celular. Igualmente, estudios de cultivos celulares demuestran cambios en la morfología y viabilidad celular de la pulpa, así como en la actividad enzimática (Vaz et al, 2016; Trindade et al,

2009). Según Vaz et al (2016) las respuestas inflamatorias causadas por agresores químicos involucran eventos que incluyen el fenómeno vascular – exudativo y la infiltración de las células inflamatorias como los mastocitos y los macrófagos. Para Trindade et al (2009) después de tres aplicaciones consecutivas de un agente blanqueador al 35%, la difusión de los componentes del gel a través del esmalte y la dentina provocó efectos tóxicos graves en las células pulpaes cultivadas.

Por otra parte, los peróxidos se activan con fuentes de energía externas disponibles en el mercado para realizar este tipo de procedimientos, cada una con sus ventajas y desventajas. Por ejemplo, unidades de fotopolimerización de diodos emisores de luz conocidas como LED (diodos emisores de luz), fotopolimerizadores de luz halógena, láseres de diodo y dispositivos basados en arco de plasma (Benetti et al, 2018). En la actualidad, el láser diodo y la luz LED son los más utilizados para la activación de los agentes blanqueadores, debido al beneficio que radica en la capacidad de la luz al calentar el peróxido de hidrógeno, produciendo un aumento de la velocidad de descomposición de oxígeno para formar radicales libres de oxígeno lo cual mejora la liberación de compuestos, al presentar diferentes longitudes de ondas que son absorbidas por los agentes de blanqueamiento (Buchalla & Attin, 2007).

Sin embargo, estudios han reportado cambios de temperatura pulpar durante la activación de los agentes blanqueadores. Un aumento de la temperatura por encima de 5.5°C puede llevar a una reacción inflamatoria, causando dolor y degeneración pulpar (Eldeniz et al, 2005). En la actualidad, existe una creciente preocupación por el uso de fuentes de luz externas en odontología, ya que estas pueden generar un aumento de la temperatura intrapulpar, que pueden ser perjudiciales para su vitalidad. Según Eldeniz et al (2005), la activación por luz de los materiales de

blanqueamiento con láser diodo causó cambios importantes porque los aumentos máximos de temperatura se consideran críticos para la salud pulpar.

Por consiguiente, varias sesiones de blanqueamiento implican un tiempo de irradiación prolongado y un aumento de temperatura como resultado de fuentes de luz de alta intensidad que podrían desencadenar un daño el tejido pulpar (Eldeniz et al, 2005). El láser de diodo (irradiación de 15 s en modo blanqueador a 10 W con onda continua) provocó cambios de temperatura que pueden afectar negativamente la sensibilidad del paciente y la salud pulpar, mientras que el LED (irradiación de 40 s con 380 mW / cm<sup>2</sup> de intensidad de luz) produce una temperatura más baja (16 °C) (Klaric, 2015).

La evaluación de los efectos de la activación del blanqueamiento dental sobre la pulpa permite determinar si se está llevando a cabo un buen protocolo para la realización del mismo sin producir efectos adversos indeseados.

## **1.2 Pregunta de investigación**

¿Cuáles son los efectos de la activación del blanqueamiento dental mediante laser diodo vs luz LED sobre la pulpa reportados en la literatura?

## **2. Justificación**

En la actualidad el blanqueamiento dental se ha convertido en un tratamiento importante en el ámbito de la odontología estética. A través del tiempo se han desarrollado diferentes técnicas para solucionar los cambios de coloración por alimentos, fluorosis, medicamentos, buscando alcanzar el método más efectivo; sin embargo, el paciente no está consciente de los efectos

adversos que puede tener los componentes de los agentes blanqueadores, siendo el más común el peróxido de hidrógeno (Eldeniz et al, 2005; Baroudi & Hassan, 2014).

En consecuencia, el blanqueamiento en el consultorio ha ganado mayor preferencia por parte del paciente y por parte del odontólogo debido a que es un tratamiento donde se observan resultados más rápidos en menor tiempo, pero esto incluye el uso de altas concentraciones e incluso se requiere protocolos de activación para acelerar el proceso del blanqueamiento, logrando citas de menor tiempo de exposición.

Las diversas maneras de disociar el peróxido de hidrogeno requieren métodos de activación como la luz LED y el láser diodo en sus diferentes longitudes de onda. Esta activación conduce a la producción de calor que aumenta la temperatura que da lugar a una reacción química que acelera la descomposición del agente blanqueador en este caso el peróxido de hidrogeno siendo el más usado en la consulta (Llena et al, 2018).

Zach et al (1965), observaron en un estudio realizado en monos que un aumento de temperatura de 3.3°C resultó en alteraciones histológicas reversibles, mientras que un aumento de temperatura intrapulpar de 5.5°C puede causar daño pulpar térmico irreversible, incluyendo necrosis pulpar en el 15% de los casos. Seale (1985) encontró cambios histológicos en dientes de perros con el uso de peróxido de hidrogeno con o sin activación de luz, observando infiltrado inflamatorio reversibles después de 60 días.

Existen una gran preocupación acerca del calor generado por las diferentes fuentes de luz las cuales pueden causar cambios pulpares que, sumados con los efectos adversos del agente blanqueador, el cual libera oxígeno reactivo que puede alcanzar el tejido pulpar y causar alteraciones histológicas y morfológicas alterando la actividad enzimática y la viabilidad de las células pulpares además de un infiltrado inflamatorio.

Preexisten controversias de la forma de uso del láser diodo y la luz LED con respecto a tiempo de activación, potencia y longitudes de onda al momento de evaluar los efectos adversos en el aumento de la temperatura.

Eldeniz et al (2005) evaluaron el aumento de temperatura intrapulpar in vitro inducido por peróxido de hidrógeno al 35% cuando se exponen a diferentes fuentes de activación lumínica: luz halógena convencional (40 segundos), luz halógena de alta intensidad (30 segundos), LED (380nm x 15 segundos) y láser de diodo (10w x 40 segundos). Esos autores encontraron que el láser de diodo indujo aumentos de temperatura significativamente más altos que cualquier otra unidad de activación, mientras que el LED produjo la menor variación de temperatura (Dostalova & Sulc, 2004).

Por ser el blanqueamiento dental un procedimiento de alta demanda estética no existe bajo evidencia científica un protocolo definido que asegure la integridad de la pulpa. Por esta razón el odontólogo debe tener el suficiente fundamento y conocimiento sustentado por medio de la evidencia científica y tener presente los efectos adversos del blanqueamiento dental sobre el tejido pulpar, teniendo en cuenta los signos y síntomas que indique la intervención del endodoncista y este tenga la capacidad y el conocimiento de los cambios pulpares para poder dar un diagnóstico y un tratamiento acertado.

La importancia de esta revisión se centra en conocer los efectos del blanqueamiento activado con luz LED y el láser diodo a diferentes longitudes de onda sobre las células pulpares logrando aclarar los parámetros más confiables y la técnica más segura.

Esta revisión tiene como fin entregar a la comunidad científica de la Federación Odontológica Colombiana (Universidad Santo Tomás) una revisión sistemática soportada en



información reciente con base en la evidencia científica sobre los efectos de la activación del blanqueamiento dental sobre la pulpa.

### **3. Marco teórico**

#### **3.1 Células pulpaes**

La pulpa dental es un tejido conectivo altamente especializado cubierto casi por completo por tejido mineralizado. En la periferia de la pulpa, en íntima relación con la dentina, se encuentran los odontoblastos, células terminales, cuya función principal es la deposición fisiológica y mineralización de la matriz dentinaria, o en respuesta a lesiones externas. Además, estas células participan en la regulación de la respuesta inmunitaria / inflamatoria del tejido pulpar. Por tanto, los odontoblastos se consideran las células centrales en el proceso de reparación y mantenimiento de la vitalidad del complejo dentina-pulpa. Al igual que ocurre con los odontoblastos, las células madre presentes en la pulpa también son primordiales para la homeostasis de este tejido. En condiciones normales, estas células son capaces de diferenciarse para reemplazar las células que mueren por apoptosis (De Souza et al, 2010).

Sin embargo, cuando la pulpa sufre una lesión intensa capaz de provocar la muerte de un gran número de odontoblastos, se desencadena el proceso de dentinogénesis reparadora, que implica el reclutamiento, proliferación y diferenciación de células madre en células de tipo odontoblastos. Por tanto, las células madre pulpaes están íntimamente relacionadas con la capacidad de reparación del tejido pulpar ante traumas de diferente origen (Llena et al, 2018).

Los odontoblastos

Son las células específicas o típicas del tejido pulpar situadas en su periferia y adyacente la predentina. Los odontoblastos pertenecen tanto a la pulpa como a la dentina, porque si bien su cuerpo se localiza en la periferia pulpar, sus prolongaciones se alojan en los túbulos de la dentina. Los odontoblastos conforman por su disposición en empalizada, la capa odontoblástica (Jiménez, 2017, p. 14).

Así mismo, se enfatiza que los odontoblastos

Son células columnares de 50 – 60  $\mu\text{m}$  en la pulpa coronal. El cuerpo de la célula posee las organelas, contiene un citoesqueleto bien desarrollado y vesículas tanto exocitóticas y endocitóticas. Los odontoblastos diferenciados secretan la primera capa de dentina (dentina del manto). La matriz de dentina alrededor de los procesos se mineraliza y forma los túbulos dentinarios. Los odontoblastos diferenciados depositan diferentes formas de dentina: circumpulpar, intertubular y dentina peritubular. Todos están formados hasta la zona terminal de la raíz y se definen como dentina primaria. Pero los odontoblastos depositan dentina secundaria durante toda la vida. Mientras que la tasa de secreción de dentina secundaria es más lenta que la de dentina primaria (Perdomo, 2014, p. 29).

Igualmente,

Se caracteriza por ser una célula de síntesis. Poseen un aparato de Golgi y retículo rugoso muy desarrollado en la parte supranuclear. También tiene bastantes mitocondrias. [las cuales] miden de 25 a 40 micrones [en altura por] 8 micrones [de ancho]. Los más alargados están a nivel de la pulpa coronaria (son más activos); en el tercio cervical son más bajos. [Además, las células ectomesenquimáticas de la pulpa dental también denominadas] mesenquimáticas indiferenciadas, es importante resaltar que se derivan del ectodermo de las crestas neurales, constituyendo la población de reserva pulpar por su capacidad de

diferenciarse en nuevos odontoblastos productores de dentina o en fibroblastos productores de matriz pulpar (Dominguez, 2019, p. 14)

Las células mesenquimales indiferenciadas se encuentran a lo largo de la zona rica en células y el núcleo de la pulpa, y a menudo se relacionan con los vasos sanguíneos. Las células inmunes son residentes normales en el tejido conectivo de la pulpa y responden a las situaciones que amenazan la integridad del diente (Perdomo, 2014, pp. 29-30).

## **3.2 Blanqueamiento**

### **3.2.1 Historia**

Por primera vez en 1884 se usó el  $H_2O_2$ , no obstante, sigue siendo el principal componente químico activo de muchos productos usados para procedimientos de blanqueamiento dental, se usa en su forma pura o como un producto final de la degradación de otras sustancias empleadas para blanqueamiento, como el peróxido de carbamida (PC) (Cedillo, 2016, p. 13).

El blanqueamiento se compone de muchos esfuerzos realizados para lograr un método que sea efectivo y seguro. En si es

Un proceso dinámico que implica la difusión del material para interactuar con las moléculas de la mancha (cromóforos), los cuales son compuestos orgánicos que tienen dobles enlaces conjugados, pero no obstante también este proceso implica alteraciones de las estructuras dentales, entre ellas la pulpa dental (Cedillo, 2016, p. 10).

El blanqueamiento no vital comenzó en

1848 con el uso de cloruro de cal y en 1864 se introdujo una técnica más efectiva para blanquear dientes no vitales, un método que usaba cloro de una solución de clorhidrato de calcio, y ácido acético; el derivado comercial de esta, más tarde conocido como la solución de 'Labarraque' (Alqahtani, 2014, p. 3).

Era una solución acuosa de hipoclorito de sodio.

A finales del siglo XIX, otros agentes se usaron con éxito en dientes no -vitales, incluido el cianuro de potasio, ácido oxálico, ácido sulfuroso, cloruro de aluminio, hipofosfato de sodio, pirozona, dióxido de hidrógeno (peróxido de hidrógeno o perhidrol) y peróxido de sodio. Se aplica en dientes tratados endodónticamente (Libfeld & Rotsein, 1989).

Desde mediados de 1800 hasta principios de 1900, revistas dentales de renombre contenían entre 40 y 60 artículos al año sobre blanqueamiento dental. La química aparentemente se entendía bien, investigadores llevaron a cabo experimentos que mostraban la seguridad del blanqueamiento para el diente, la petición de una odontología conservadora y la preservación de la estructura dental siempre fue la norma (Mai et al, 2011).

En 1991 se introduce el "el blanqueamiento de potencia"

Con geles de peróxido de hidrógeno al 30% activados por unidades fotopolimerizables convencionales en lugar de fuentes de calor. Se han usado varios dispositivos de diferentes espectros de longitud de onda / energías de radiación, como el halógeno, diodos LED, diodos láser, láser de argón y lámparas de arco de plasma. [Actualmente, existen varios] métodos y enfoques que se han descrito en la literatura para el [aclaramiento] dental [como aquellos que usan] diferentes agentes 'blanqueadores', concentraciones, tiempos de aplicación, formato de producto, y métodos de activación (Ramírez, 2016, p. 19).

En dientes vitales, el procedimiento se puede realizar de dos formas: la técnica en casa (bajo la supervisión del odontólogo y la necesidad de colaboración del paciente) o la técnica en el consultorio.

### **3.2.2 Mecanismos de acción**

Cuando se realiza el blanqueamiento dental se debe considerar que la estructura del diente es permeable a los agentes blanqueadores, que se difunde libremente a través del diente para iniciar el blanqueamiento.

El mecanismo de los peróxidos no se conoce bien., pero se consideran que estos compuestos utilizan las moléculas de oxígeno para descomponer la molécula de color y hacerla soluble en agua. Los geles blanqueadores

Contienen peróxido de hidrógeno o su precursor, el peróxido de carbamida, como ingrediente activo en concentraciones que oscilan entre el 3% y el 40% de peróxido de hidrógeno equivalente. El blanqueamiento con peróxido de hidrógeno generalmente se realiza a través del anión perhidroxilo ( $\text{HO}_2^-$ ). Otras condiciones pueden formar radicales libres, por ejemplo, por escisión homolítica de un enlace O – H o el enlace O – O en el peróxido de hidrógeno para dar un radical hidroxilo (Alqahtani, 2014, p. 7).

El peróxido de hidrogeno es un producto oxidante que difunde en el interior del diente, siendo capaz de descomponerse químicamente produciendo radicales libres de hidroxilo, los cuales son inestables e interactúan con las macromoléculas de los pigmentos alojados entre la materia inorgánica del esmalte. Estos pigmentos se fragmentan y esto permite que la luz pueda reflejarse con mayor intensidad produciendo un aspecto más claro al diente (Llena et al, 2018).

Para Tredwin et al (2006), el mecanismo del blanqueamiento dental con el uso de las sustancias específicas es un fenómeno complejo que abarca la difusión del material blanqueador para interactuar con las moléculas de la tinción e involucra alteraciones micromorfológicas; la interacción reacción que se produce al contacto del agente blanqueador con las moléculas de la mancha dentro de la estructura dental, la misma que se conoce como la “Teoría Cromóforo” y un cambio por presentarse alteraciones micromorfológicas.

### ***3.2.3 Tipos de blanqueamiento dental***

Los métodos para aclarar los dientes se clasifican según el estado pulpar, siendo uno de ellos el blanqueamiento para dientes vitales. La técnica básica para los dientes vitales se puede realizar con técnicas ambulatorias y de consultorio. “Algunos reportes describen que la aplicación de fuentes externas combinadas con la técnica de consultorio cataliza la reacción mejorando la eficiencia del procedimiento, pero no su resultado final” (Feliz-Matos, 2015, p. 43).

#### **3.2.3.1 Peróxido de hidrogeno ( $H_2O_2$ ).**

El  $H_2O_2$  o agua oxigenada por su bajo peso molecular se difunde a través del esmalte, dentina y puede eventualmente alcanzar el espacio pulpar causando daños a este tejido. Sin embargo, también se encuentra el peróxido de carbamida y el perborato de sodio (Cedillo, 2016, p. 13).

El peróxido de hidrógeno es un líquido incoloro con un sabor amargo y es muy soluble en agua para dar una solución ácida, su masa molar es 34.0147 g/mol. El  $H_2O_2$  es un agente oxidante con un amplio número de “aplicaciones industriales como el blanqueamiento o desodorización de textiles, pulpa de madera, cabello, pieles y alimentos, en el tratamiento de aguas, como

desinfectante de semillas y agente neutralizante en la destilación del vino” (Feliz-Matos, 2015, p. 56).

Es una especie de oxígeno reactivo, junto con superóxido ( $O_2^-$ ), hidroxilo (HO), peroxilo (ROO) y alcoxilo (RO). En el tejido humano, las fuentes intrínsecas de  $H_2O_2$  son los orgánulos (especialmente las mitocondrias), las células salivales, los microorganismos y los pulmones. La producción de peróxido de hidrógeno puede ir seguida de la liberación de especies de oxígeno altamente reactivas en el cuerpo a través de reacciones redox enzimáticas y espontáneas que a menudo implican interacción con metales de transición como el hierro o el cobre (Feliz-Matos, 2015).

El radical hidroperoxilo, también conocido como radical perhidroxilo, es la forma protonada de superóxido con la fórmula química  $HO_2$ . Esta especie juega un papel importante en la biología celular, es el radical libre más potente el cual tiene un alto efecto de blanqueamiento, el pH se encuentra entre 9.5 y 10. Por lo tanto, determinadas afecciones de salud bucal, como la gingivitis, pueden beneficiarse de dicho comportamiento en entornos acuosos, y se espera que los efectos secundarios adversos que surjan del uso de estos agentes sean más tolerables en los seres humanos, especialmente cuando se emplean en concentraciones muy altas para propósitos del blanqueamiento dental (Grootveld et al, 2020).

A nivel celular induce la activación de la polimerasa de poli-ADP-ribosa seguida por el agotamiento de NAD y una caída en el ATP, lo que eventualmente resulta en la muerte celular. Para uso se utilizan geles entre 10 y 40%, que se pueden ser activados (Feliz-Matos, 2015).

Según Joiner (2006), “las concentraciones más altas son más rápidas que las concentraciones más bajas. Sin embargo, concentraciones más bajas pueden acercarse a la eficacia de concentraciones más altas con tiempos de tratamiento prolongados” (p. 16).

**3.2.3.2 Peróxido de carbamida (CH<sub>4</sub>N<sub>2</sub>O.H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).** Este compuesto puro tiene forma de cristales blancos o polvo de cristal, es soluble en agua y contiene aproximadamente un 35% de peróxido de hidrógeno, y urea (otros nombres: peróxido de hidrógeno + urea, urea perhidrol, peróxido de hidrógeno de urea y peróxido de urea-carbamida), en cantidades iguales .

Inicialmente se usó como

Un agente antiséptico oral en concentraciones del 10 al 15%, pero en 1989 este material empezó a ser usado como agente de blanqueamiento dental por medio de guardas bucales. También se conoce como ‘hidroperóxido de urea’, se encuentra en una concentración de 30 - 45%. Sin embargo, las preparaciones comerciales populares contienen alrededor del 10% al 15% de peróxido de carbamida, con pH medio de 5 a 6.5, y una masa molar de 94.07 g/mol (. . .)

Las soluciones de peróxido de carbamida al 10% se descomponen para formar urea al 7%, amoníaco, dióxido de carbono y peróxido de hidrógeno al 3% o 3.5 %. Suelen incluir glicerina o propilenglicol, estanato de sodio, ácido fosfórico o cítrico y aditivos saborizantes. En algunas preparaciones adicionan carbopol como agente espesante, el cual prolonga la liberación de peróxido activo y mejora la vida de almacenamiento (Vélez, 2016, p. 6).

Las concentraciones más usuales para el blanqueamiento dental de dientes vitales son del 16% en varias citas (3 a 4 citas consecutivas una por semana) también hay concentraciones del 38 y 45 % de peróxido de carbamida para ser usada en una sola cita. Las aplicaciones sucesivas del agente blanqueador al 10% (5 aplicaciones, 1 por día)



produce efectos citotóxicos en los odontoblastos y aumenta el daño pulpar, con riesgo a una hipersensibilidad posterior (Quimiodonto, s.f., párr. 45).

### **3.2.4 Técnicas de blanqueamiento**

El blanqueamiento de los dientes vitales se puede realizar con diferentes concentraciones de los agentes blanqueadores, el uso de estas concentraciones va a depender de la técnica del blanqueamiento.

#### **3.2.4.1 Blanqueamiento en consulta. El blanqueamiento en consulta utiliza una alta concentración de agentes blanqueadores dentales.**

(25–40% de peróxido de hidrógeno), el clínico tiene un control completo durante todo el procedimiento y tiene la capacidad de detenerlo cuando se logra el efecto deseado. En este procedimiento, el gel blanqueador se aplica a los dientes después de la protección de los tejidos blandos con un dique de goma o alternativas, y el peróxido se activará (o no) (Rathgeb, 2015, p. 16).

#### **3.2.4.2 Blanqueamiento domiciliario.** El blanqueamiento en casa o es supervisado por el clínico fundamentalmente implica el uso de una baja concentración de agente blanqueador (de peróxido de carbamida al 10-20%, que equivale a un peróxido de hidrógeno al 3.5-6.5%) (Sulieman et al, 2006). Rathgeb (2015) informa que esta técnica necesita de un dispositivo intraoral (cubeta) para aplicar el gel de peróxido, esta es más rentable, el valor del color dental obtenido se mantiene por largos períodos; pero no se observan cambios importantes en este valor antes del séptimo día de tratamiento.

Existen dos procesos fisicoquímicos cuando se realiza una fotoactivación sobre los agentes del blanqueamiento: La termo catálisis: en la cual la liberación de radicales hidroxilos del peróxido se acelera mediante un aumento de temperatura de acuerdo con la siguiente ecuación:

$H_2O_2 + 211 \text{ kJ / mol} \rightarrow 2HO\cdot$ . Esto está de acuerdo con un aumento en la velocidad de descomposición de un factor de 2.2 por cada aumento de temperatura de 10 °C. Debido a la mayor liberación de radicales hidroxilos (termocatálisis), es concebible un aumento de la eficacia. Sin embargo, el rango útil de aumento de temperatura es limitado debido al posible daño a la pulpa dental. Si se proyecta luz sobre un producto blanqueador, como un gel blanqueador, se absorbe una pequeña fracción y su energía se convierte en calor. Lo más probable es que este sea el principal mecanismo de acción de todos los procedimientos de blanqueamiento activados por luz (Internacional Dental Distribuidores, 2009, Termo catálisis)

Por otro lado, está la fotólisis: Es posible una liberación de radical hidroxilo de  $H_2O_2$  por excitación directa de la luz (fotólisis). Siguiendo la ecuación  $H_2O_2 + h \rightarrow 2HO\cdot$  (con  $h$  = constante de Planck) se absorbe luz de una frecuencia específica, lo que resulta en un enlace de fisión del  $H_2O_2$  en dos radicales hidroxilos. La energía requerida solo puede ser proporcionada por luz de alta frecuencia, correspondiente a una longitud de onda de 248 nm e inferior (UV C) lo que hace que su uso en la cavidad bucal sea difícil, si no imposible (Internacional Dental Distribuidores, 2009).

Según Zach et al (1965) hay tres teorías que intentan explicar la acción de la luz para acelerar la descomposición del peróxido de hidrógeno. La primera se refiere a un calentamiento controlado del gel blanqueador, el segundo se refiere a una excitación electrónica de moléculas de peróxido de hidrógeno, mientras que el tercero supone una acción fotoquímica del pigmento.

En la primera teoría, cuando la luz es absorbida por el gel blanqueador, la energía radiante se convierte en energía térmica (calor). Esta transformación se llama efecto fototérmico. Un estudio anterior mostró que este es el efecto más importante de los procedimientos de blanqueamiento fotocatalítico. El calentamiento del peróxido de hidrógeno es capaz de acelerar su reacción de descomposición y formación de radicales oxidantes. Además, el aumento de temperatura promueve una mayor difusión del peróxido de hidrógeno a través del esmalte y la dentina, por lo que una penetración más rápida puede estar asociada al uso de dispositivos de luz (Zach et al, 1965).

La segunda teoría establece que la acción de la luz para la activación de los agentes blanqueadores puede producir efectos no térmicos sobre el químico, conocidos como efectos fotoquímicos, fotólisis o fotodisociación. Los fotones pueden producir una excitación y / o vibración electrónica en las moléculas, provocando la ruptura de ciertos enlaces químicos intramoleculares e intermoleculares. El cambio del estado vibratorio de las moléculas requiere la deposición de una cantidad relativamente grande de energía, que puede ser proporcionada por fotones de alta energía. Esto puede promover la descomposición del peróxido de hidrógeno (Zach et al, 1965).

La tercera teoría de la acción de la luz sobre los geles blanqueadores establece las interacciones fisicoquímicas con el pigmento que interfieren en la estabilidad del peróxido de hidrógeno. Algunas sustancias como caroteno, achiote, SiO<sub>2</sub> y TiO<sub>2</sub>, que están presentes en la composición de los geles blanqueadores, al ser irradiadas con luz, pueden disociarse o sufrir alteraciones, cambiando sus cargas eléctricas y resultando en la desestabilización del peróxido de hidrógeno o desequilibra el pH del gel blanqueador, desestabilizando la molécula de peróxido de hidrógeno y resultando en la liberación de radicales libres (Zach et al, 1965).

### ***3.2.5 Sistemas de activación***

Los sistemas de activación consisten en una fuente de luz que tiene la capacidad de emitir energía suficiente para que pueda interactuar con los componentes fotosensibles presentes en los agentes blanqueadores.

Esta interacción con el oxígeno presente en los agentes blanqueadores acelera el proceso del blanqueamiento. Si se logra aumentar la temperatura del blanqueador en 10 grados centígrados las fracciones químicas se aceleran. Esto se logra aumentando la temperatura mediante la amplia longitud de onda que emite los diferentes activadores, alcanzando finalmente la activación del peróxido de hidrógeno. Sin embargo, autores recalcan la posibilidad de producir daños irreversibles en la pulpa debido a un aumento de temperatura (Suliman et al, 2006; Caviedes-Bucheli et al, 2008).

“La sustancia P es un neuro-transmisor implicado en el aumento de la respuesta inflamatoria y la sensibilización nociceptiva. Es decir, a nivel periférico actúa provocando vasodilatación, y aumento de la permeabilidad” (Brotons, 2018, párr. 3). Para determinar el efecto del blanqueamiento de la sustancia P, Caviedes-Buchelli et al (2008), cuantifica el efecto del blanqueamiento en la pulpa dental humana sana en una muestra de treinta premolares fueron asignados a tres protocolos diferentes de blanqueamiento dental, encontrando que los sistemas de blanqueamiento dental activados por luz y láser aumentan la expresión de la sustancia P en la pulpa dental humana significativamente por encima de los valores normales.

### 3.2.6 *Laser*

“La palabra láser proviene de las iniciales L.A.S.E.R. cuyo significado es la frase inglesa "Light Amplification by Stimulated Emission of Radiación" o sea amplificación de luz por emisión estimulada de radiación” (BS Todo, 2016, párr. 1).

Theodore Maiman fue el primer científico que demostró la función del láser y también desarrolló un dispositivo láser funcional "conocido como láser de rubí", hecho de óxido de aluminio, que emitía un haz de color rojo intenso. Después de esta invención, los investigadores dentales comenzaron a trabajar en los diversos potenciales de los láseres (Nosrat et al, 2013) .

La unidad básica de la luz láser se llama fotón, “es la partícula portadora de todas las formas de radiación electromagnética, incluyendo rayos gamma, rayos X, luz ultravioleta, luz visible, luz infrarroja, microondas y las ondas de radio” (Alarcón, 2020, p. 19); la onda de fotones que viaja a la velocidad de la luz puede definirse por dos propiedades básicas.

Una es la amplitud, que define la altura vertical de la oscilación de la onda desde el eje cero hasta su pico. Esto se correlaciona con la cantidad de energía en la onda: cuanto mayor es la amplitud, mayor es la cantidad de energía que puede hacer un trabajo útil (Coluzzi, 2008).

La otra es la longitud de onda la cual es la distancia horizontal entre dos puntos cualquiera correspondientes de la onda. Esta medida es importante tanto para la forma en que se administra la luz del láser en la zona quirúrgica como para la forma como interactúa con el tejido. La longitud de onda se mide en metros (m). Los láseres dentales tienen longitudes de onda del orden de unidades mucho más pequeñas y usan la terminología de un nanómetro (nm), una milmillonésima ( $10^{-9}$ ) de metro o micrómetro (también miera [ $\mu\text{m}$  o  $\mu\text{m}$ ]), una millonésima ( $10^{-6}$ ) de un metro (Pacora, 2021, p. 20).

A medida que las ondas viajan, oscilan varias veces por segundo, se le llama frecuencia. La frecuencia es inversamente proporcional a la longitud de onda: cuanto más corta es la longitud de onda, más alta es la frecuencia y viceversa (Alarcón, 2020).

Estudios previos han demostrado que existen varios protocolos de activación de laser diodo basándose en diferentes potencias tiempo de exposición tiempo de activación y longitudes de onda. Uno de ellos es de Dostalova et al (2004), quienes describe una investigación preclínica con agentes blanqueadores activados por láser utilizando peróxido de hidrógeno (3-38%) con o sin calor o láser, peróxido de carbamida (10-30%) o una mezcla de perborato de sodio y peróxido de hidrógeno. Se utilizaron dos sistemas láseres diferentes y diodos de emisión de luz para la activación del agente blanqueador: láser de diodo, longitud de onda 970 nm y láser de diodo infrarrojo, longitud de onda 790 nm, con ocho diodos emisores de luz azul, longitud de onda 467 nm. En comparación, el láser de diodo, con una longitud de onda de 970 nm, y el agente blanqueador produjeron el mismo efecto de blanqueamiento, pero con un tiempo más corto (5 min - 1 W, 2,5 min - 2 W). Demostrado que el láser es la fuente de energía más valiosa para el blanqueamiento de potencia con una aplicación simple y breve en el consultorio dental.

### ***3.2.7 Interacción laser - tejido***

La luz láser tiene cuatro interacciones con el tejido objetivo que depende de las propiedades ópticas de ese tejido: absorción, transmisión, reflexión, y dispersión de la luz láser.

**3.2.7.1 Absorción.** Cuando un átomo es estimulado por medio de un fotón de luz, pasa a un nivel de energía superior; esto se llama "absorción". Las diferentes longitudes de onda del láser tienen diferentes coeficientes de absorción con los componentes del tejido dental como el agua, el

pigmento, el contenido de sangre y el mineral. La energía del láser se puede absorber o transmitir según la composición del tejido objetivo. Esos componentes principales se denominan cromóforos, que pueden absorber la luz láser de una longitud de onda específica (Caviedes-Buchel et al, 2008)

**3.2.7.2 Transmisión.** La transmisión de la vitalidad del láser específicamente es a través del tejido, sin impacto en un tejido objetivo. Esta propiedad depende de la longitud de onda de la luz láser utilizada. Existe la transmisión de la energía láser directamente a través del tejido sin producir ningún efecto sobre el tejido objetivo. Nd: YAG, el argón y de diodo se transmiten a través del agua, mientras que los fluidos tisulares absorben fácilmente la familia del erbio y el CO<sub>2</sub> en el exterior (Caviedes-Buchel et al, 2008).

**3.2.7.3 Reflexión.** El rayo láser se vuelve más divergente a medida que aumenta la distancia desde la pieza de mano. Esta propiedad del láser hace que la luz del láser se dirija a sí misma fuera de la superficie, sin tener efecto sobre el tejido objetivo. Esta luz reflejada podría ser peligrosa cuando se redirige a un objetivo involuntario como los ojos. Sin embargo, un dispositivo láser de detección de caries usa la luz reflejada para medir el grado de la estructura del diente sano (Caviedes-Buchel et al, 2008).

**3.2.7.4 Dispersión.** Hay dispersión de la luz láser con una disminución de la correspondencia de esa energía y posiblemente no produzca ningún efecto biológico útil. Esta propiedad puede causar daños no deseados ya que hay transferencia de calor al tejido adyacente (Caviedes-Buchel et al, 2008).

### 3.2.8 *El láser de diodo en odontología*

El diodo láser tiene un medio activo sólido; de hecho, es un láser semiconductor de estado sólido que normalmente utiliza alguna combinación de galio, arseniuro y otros elementos como el aluminio y el indio para convertir la energía eléctrica en energía luminosa (Nosrat et al, 2013).

La longitud de onda disponible del láser diodo se encuentra en un rango de 800 nm a 980 nm encontrándose cercanos a la luz infrarroja invisible dentro del espectro electromagnético. El láser diodo es pobremente absorbido por la estructura de diente, pero es excelente sobre los tejidos blandos y está indicado para cortar y coagular ya que es absorbido por la hemoglobina y la melanina (Coluzzi, 2008).

Todas las longitudes de onda del láser diodo son muy absorbidas por el tejido pigmentado, aunque la hemostasia no es tan rápida. La profundidad de absorción de los láseres de diodo en el agua, especialmente los diodos cercanos a la longitud de onda de 800 nm, es varias veces mayor que la del láser de 1064 nm (Coluzzi, 2008).

Debido al tamaño pequeño, el bajo consumo de energía y la producción rentable de estos dispositivos, los láseres de diodo se han convertido en los tipos más comunes en el mundo, utilizados en una gran variedad de componentes y campos, incluidos la electrónica, las comunicaciones y la práctica médica. La función de los láseres de diodo depende de una variedad de propiedades, incluida el umbral de la corriente, la eficiencia de la pendiente y la temperatura característica (Santos et al, 2018).

El máximo control de la interacción láser-tejido puede ser logrado si el rayo láser incidente esta perpendicular a la superficie del tejido. La reducción del ángulo de incidencia hacia el ángulo de refracción de la superficie del tejido aumentará el potencial de reflexión de la luz verdadera con una reducción asociada en el cambio de tejido (Park et al, 2016).



Los láseres funcionan en onda continua (CW) o en modo pulsado. Esto se relaciona con la tasa de emisión de luz láser con el tiempo y el beneficio principal de un modo pulsado será la capacidad del tejido objetivo de enfriarse entre pulsos sucesivos. El modo CW es generalmente la forma más rápida de extirpar tejidos, pero el calor puede acumularse y causar daños colaterales al objetivo y los tejidos adyacentes. Los láseres de diodos dentales modernos pueden funcionar tanto en modo CW como pulsado. Los factores que determinan la potencia media cuando el láser de diodo está funcionando en modo pulsado son el ajuste de potencia actual y el ajuste del ciclo de trabajo (Park et al, 2016).

### **3.2.9 Luz LED (*Light Emitting Diode*)**

Consiste en un chip de material semiconductor dopado con impurezas para crear una unión p (ánodo) – n (cátodo).

Como en otros diodos, la corriente fluye fácilmente desde el lado *p*, hacia el lado *n*, pero no en la dirección inversa. Los portadores de carga (electrones y huecos) fluyen hacia la unión desde electrodos con diferentes voltajes. Cuando un electrón se encuentra con un agujero, cae a un nivel de energía más bajo y libera energía en forma de fotón. La longitud de onda de la luz emitida, y por lo tanto su color, depende de la energía de la banda ‘prohibida’ de los materiales que forman la unión p (ánodo) – n (cátodo) (Panasys, 2013, párrs. 17-18)

Los materiales utilizados para el LED tienen una banda ‘prohibida’ directa con energías correspondientes a la luz infrarroja cercana, visible o ultravioleta cercana.

“Se caracterizan principalmente porque su luz no se emite por el calentamiento de filamentos metálicos, sino por emisión de energía a partir de diodos simétricamente orientados que

emiten una luz azul la cual varía entre 440 y 490 nm” (González, 2014, p. 17), un ancho de banda de aproximadamente 20 nm, las LED azules tienen toda la pureza espectral para ser altamente eficientes.

El sistema LED presenta ciertas ventajas que incluyen: (a) costo-beneficio emite una luz azul fría con una longitud de onda de alrededor de 465 nanómetros, la cual activa las moléculas de este gel, (b) no hay necesidad de filtros y (c) desarrollo a bajas temperaturas (Wetter et al, 2004, p. 46).

“Es una lámpara profesional de luz fría que activa las moléculas de un gel blanqueador, la radiación fría de la lámpara acelera la liberación de las moléculas blanqueadoras del peróxido” (Pendyala et al, 2017, p. 54)., también se conoce como blanqueamiento por fotoactivación. Su principal fuente de activación: paso de electrones por semiconductor de indio – galio – nitrógeno.

## **4. Objetivos**

### **4.1 Objetivo general**

Analizar los efectos de la activación del blanqueamiento dental mediante laser diodo vs luz LED sobre la pulpa reportados en la literatura.

### **4.2 Objetivos específicos**

- Evaluar los cambios de temperatura producidos por la activación del blanqueamiento dental con láser de diodo vs luz LED
- Evaluar la penetración del blanqueamiento dental en los tejidos, con la activación de láser de diodo vs luz LED

- Evaluar la citotoxicidad producida por la activación del blanqueamiento dental con láser de diodo vs luz LED
- Analizar como la potencia del láser influye en los cambios de temperatura, la penetración y la citotoxicidad.

## **5. Aspectos metodológicos**

### **5.1 Tipo de estudio**

Revisión sistemática

### **5.2 Objeto de estudio**

Efectos de la activación del blanqueamiento dental mediante laser de diodo vs luz LED sobre la pulpa reportados en la literatura.

### **5.3 Población de estudio**

Estudios invitro que describan la activación del blanqueamiento dental mediante laser de diodo vs luz LED sobre la pulpa e indexados en las bases de datos (Pubmed, Medline, Web of Science, Scielo, Lilacs, Cochrane)

### **5.4 Unidad de análisis**

Activación del blanqueamiento dental, efectos en la pulpa

## 5.5 Criterios de selección

Como criterios de inclusión y exclusión se seleccionaron los siguientes, incluidos en la tabla 1.

**Tabla 1.** *Criterios de inclusión y exclusión*

<b>Criterios de Inclusión</b>	<b>Criterios de Exclusión</b>
Artículos indexados en las bases de datos: Ebsco, Medline, Cochrane entre el año 2002 a 2020.	Artículos que traten sobre sensibilidad dental o sustancia P.
Artículos sobre blanqueamiento dental con peróxido de hidrógeno activado con luz led y/o laser diodo.	Artículos de solo luz halógena.
Artículos relacionados a cambios histopatológicos en células pulpaes	Artículos sobre cambios de color en el blanqueamiento (cambios estéticos)
Metanálisis y revisiones sistemáticas	Artículos que no hablen sobre láser de diodo y luz LED
Estudios observacionales analíticos.	Artículos donde no hubo fotoactivación del gel blanqueador
Estudios experimentales in-vitro y invivo	Estudios que usaron blanqueamiento ambulatorio

## 5.6 Operacionalización de las variables

**Figura 1.** *Operacionalización de las variables*

<b>Variable</b>	<b>Definición Conceptual</b>	<b>Definición Operativa</b>	<b>Naturaleza</b>	<b>Valores</b>
Tiempo	Dimensión física que representa la sucesión de estados por los que pasa la materia.	Tiempo en duración que se deja el blanqueamiento en los dientes	Cuantitativa continua	Minutos
Longitud de onda	Es la distancia entre picos o entre valles de una onda.	Respuesta a una modulación en pequeña señal, la cual corresponde a una modulación de la densidad de corriente	Cuantitativa discreta	Nanómetros
Potencia	Salida o consumo que necesita el aparato enchufado a la corriente para funcionar. Se expresa en watts	El haz llega a determinada profundidad	Cuantitativa continua	Vatios
Viabilidad celular	Determinación de células vivas o muertas, basadas en una muestra de células totales.	Apoptosis celular o reproducción celular	Cualitativa	Aumento o disminución de la viabilidad
Penetración	Pasar a través de un cuerpo	Penetración alcanzada por el laser en los tejidos del diente	Cuantitativa continua	Microgramo
Temperatura	Grado o nivel térmico de un cuerpo o de la atmósfera.	Temperatura alcanzada con la activación del blanqueamiento	Cuantitativa continua	Grados

## 5.7 Procedimiento

Para realizar la revisión sistemática se empezó por establecer la pregunta problema que permitiera conocer los efectos que se producen en las células pulpares durante el blanqueamiento dental activado con láser diodo y luz LED, Definiéndola como se describe a continuación. Posteriormente se realizó una estrategia de búsqueda y selección de artículos, para la realización de la matriz de resultados explicada en la sección de proceso de extracción de datos. Por último, se elaboró la introducción, los resultados, discusión, conclusiones y recomendaciones.

### 5.7.1 Pregunta problema

¿Cuáles son los efectos de la activación del blanqueamiento dental mediante laser de diodo vs luz LED sobre la pulpa reportados en la literatura?

### 5.7.2 Fuentes de información y estrategias de búsqueda

Se establecieron como bases de datos para la búsqueda Pubmed, Medline, Web of Science, Scielo, Lilacs y Cochrane. Después de esto se establecieron como términos principales de búsqueda “teeth whitening”, “diode laser”, “CBCT” y “led light”

Las combinaciones utilizadas para la búsqueda en cada base de datos fueron “teeth whitening” AND “diode laser”, “teeth whitening” AND “led light” y “led light” AND “diode laser” (ver Tabla 2).

**Tabla 2.** Términos definidos para la búsqueda bibliográfica

<b>Termino principal</b>	<b>Descriptor (Mesh)</b>	<b>Sinónimos</b>
Teeth whitening	Tooth bleaching, tooth bleaching agents	Dental brightness
Led light	Light	Light emitting
Diode laser	Infrared large tubes Gallium compounds	Optical maser

### **5.7.3 Selección de los estudios**

Se tuvieron en cuenta todos los estudios in-vitro que describieran la activación del blanqueamiento dental mediante láser de diodo vs luz LED sobre la pulpa. Los términos utilizados para la búsqueda fueron teeth whitening, diode laser, led light.

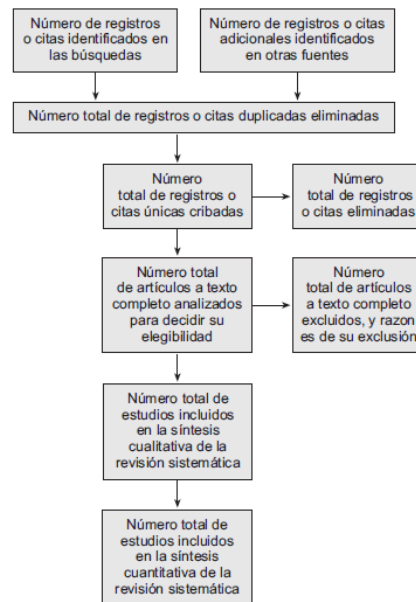
Las fórmulas de búsqueda que se utilizaron fueron 1) “teeth whitening” AND “diode laser”, 2) “teeth whitening” AND “led light”, 3) “led light” AND “diode laser”, 4) “teeth whitening” AND “diode laser” AND “led light”. La búsqueda electrónica se llevó en las bases de datos PubMed, Medline, Web of Science, Scielo, Lilacs y Cochrane Library entre el año 2002 y 2020. Luego se estableció un mecanismo de selección de artículos de acuerdo al diagrama de flujo sugerido por PRISMA (Urrútia & Bonfill, 2010).

### **5.7.4 Proceso de extracción de datos**

Con los estudios seleccionados, se incluyeron los siguientes criterios: título del artículo, primer autor, nombre de la revista, año, factor de impacto, cuartil, variable, tipo de estudio, muestra, resultados, análisis estadístico y nivel de confianza (Ver apéndice A).

### **5.7.5 Análisis de la calidad metodológica y nivel de evidencia**

Dos revisores de manera independiente evaluaron la calidad metodológica y realizaron una evaluación crítica utilizando la guía Faggion (2012). Adicionalmente se estableció una clasificación de los niveles de evidencia y grados de recomendación según las recomendaciones de SIGN 50 (Ver apéndice B) (Scottish Intercollegiate Guidelines Network, 2011).

**Figura 2.** Diagrama de flujo a través de las diferentes fases de una revisión sistemática.

Tomado de “PRISMA declaration: A proposal to improve the publication of systematic reviews and meta-analyses” por Urrutia & Bonfill X, 2010.

### 5.7.6 Riesgo de sesgo en los estudios individuales

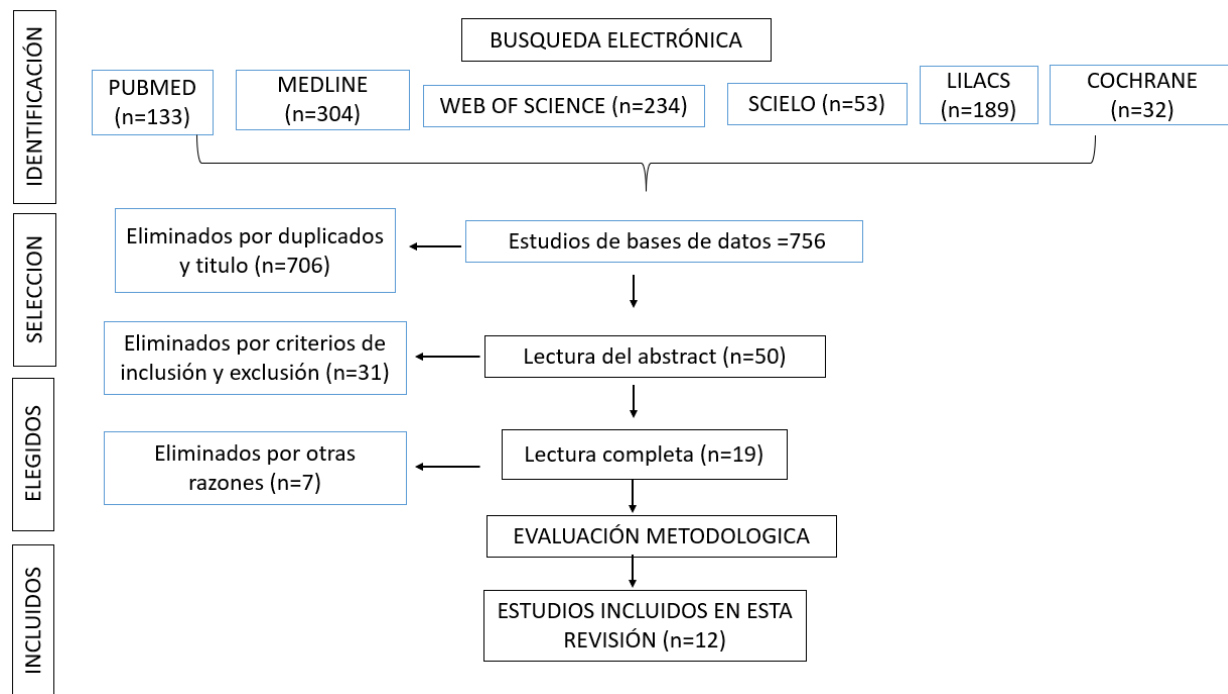
Dos revisores evaluaron de manera independiente el riesgo de sesgo en los estudios individuales, para los artículos invitro se creó una herramienta por parte de los autores, basada en la guía CARE (Gagnier et al, 2013) (ver Figura 4). Si el artículo evaluado cumplía con 4 condiciones o menos tendría riesgo alto de sesgo, 5 a 7 riesgo moderado, y 8 o más riesgo bajo de sesgo.

## 5.8 Aspectos éticos

El Ministerio de Salud y Protección Social, bajo la Resolución 008430 de 1993, “por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud” (preámbulo).

Artículo 11. Para efectos de este reglamento la investigación se clasifica en la siguiente categoría: Investigación sin riesgo: Estudios que emplean técnicas y métodos de investigación documental retrospectivos y aquellos en los que no se realiza ninguna intervención o modificación intencionada de las variables biológicas, fisiológicas, psicológicas o sociales de los individuos que participan en el estudio, entre los que se consideran: revisión de historias clínicas, entrevistas, cuestionarios y otros en los que no se le identifique ni se traten aspectos sensitivos de su conducta.

**Figura 3.** Diagrama de flujo de búsqueda y selección de artículos.



## 5.9 Análisis de datos

Para la escritura y realización de la revisión se utilizará la guía prisma.

### 5.9.1 Conducción del Estudio

Lugar de Investigación: Universidad Santo Tomas Bucaramanga



Manejo de sustancias o especímenes: No aplica

Archivo de Datos y Sistematización: Los datos se recolectarán en Microsoft Excel 2019.

## **6. Resultados**

### **6.1 Estudios seleccionados**

Para la elaboración de la revisión sistemática se llevó a cabo una búsqueda electrónica en las bases de datos de PubMed, Medline, Web of Science, Scielo, Lilacs y Cochrane Library obteniendo un total de 756 artículos. Al eliminar duplicados y revisar por título quedaron 50 artículos para realizar lectura del resumen. Después de revisar el resumen y según los criterios de inclusión y exclusión quedaron 19 artículos potencialmente elegibles para lectura completa. Finalmente se eliminaron 7 artículos por alguna de estas razones: no respondían la pregunta problema, no incluían las características físicas del láser diodo, estaban dirigidos a los cambios de color en el blanqueamiento o no contaban con un protocolo de blanqueamiento, ni de activación lumínica (Ver figura 4), obteniendo finalmente 12 artículos (Ver Figura 3). El rango de publicación de los 12 estudios fue desde el 2004 al 2019. Cuando se presentó desacuerdo entre los revisores, las decisiones se tomaron por consenso.

**Figura 4** *Artículos excluidos*

#	ESTUDIO	PRIMER AUTOR	AÑO	RAZON DE EXCLUSIÓN
1	Dental Bleaching Efficacy With Diode Laser and LED Irradiation: An In Vitro Study	Wetter N	2004	Resultados dirigidos a los cambios de color en el blanqueamiento
2	Diode Laser-Activated Bleaching	Dostalova T	2004	Resultados dirigidos a los cambios de color en el blanqueamiento
3	The Effect of Tooth Bleaching on Substance P Expression in Human Dental Pulp	Caviedes-Bucheli J	2008	Resultados dirigidos a la sustancia P
4	Inflammatory response of human dental pulp to at-home and in-office tooth bleaching	Vaz M	2016	Hablan sobre la sensibilidad dental
5	In vitro study of the pulp chamber temperature rise during light activated bleaching	Carrasco T	2008	No incluían las características físicas del laser diodo
6	Human pulp responses to in-office tooth bleaching	Costa C	2010	No contaba con protocolo
7	Temperature rise during experimental light-activated bleaching	Klaric E	2015	No incluían las características físicas del laser diodo

## 6.2 Características de los estudios

Todos los artículos son estudios invitro los cuales evaluaron los efectos de la activación del blanqueamiento dental mediante laser de diodo vs luz LED sobre la pulpa reportados en la literatura. De acuerdo con la filiación institucional del primer autor la mayor parte de los artículos provienen de Brasil y de Turquía, los otros corresponden a estudios realizados en Reino Unido, Irán e Irak (Ver anexo #1).

El método de activación, la longitud de onda, la potencia y el tiempo utilizado para cada tipo de luz (luz led o laser diodo) en cada estudio se describen en el anexo #1.

De los 12 artículos seleccionados, dos corresponden a estudios en los que se evaluó la penetración del blanqueador en la cámara pulpar, un estudio investigó la citotoxicidad producida por sustancias liberadas por el gel blanqueador y los nueve estudios restantes documentaron el aumento de temperatura en la cámara pulpar.

### 6.2.1 Estudios de penetración

De los doce estudios incluidos, dos reportan la penetración del láser. Omrani et al (2016) usó peróxido de hidrogeno al 35% no activado y activado con longitudes de onda de 810nm y 1064nm y potencias de 1w, 1.5w y 2.5w, mientras que Abbassi et al (2019), utilizaron peróxido

de hidrogeno entre 40 y 45% con longitud de onda de 810nm, 940nm y 980nm, con potencia de 1.5w. Los dos estudios contaron con un grupo control el cual no recibió ningún tratamiento.

Omrani et al (2016), midió la penetración de peróxido de hidrogeno en la cámara pulpar con diferentes técnicas de blanqueamiento en cincuenta incisivos centrales extraídos, dividiéndolos en cinco grupos iguales, de los cuales cuatro usaron peróxido de hidrogeno al 35%, uno sin activación durante 20 minutos (A), dos activados con láser de diodo (C,D) y uno activado con láser Nd: YAG (B) estos tres últimos durante 90 segundos. Al otro grupo no se le realizo ningún procedimiento. Obteniendo como resultado que la penetración del peróxido de hidrogeno al 35% más profunda estuvo en el grupo A que uso blanqueamiento en el consultorio sin ningún tipo de activación ( $2,232 \pm 0,39 \mu\text{g}$ ) mientras que los valores más bajos se observaron en el grupo C donde se usó blanqueamiento asistido por láser de diodo de 810nm y 1w de potencia, dos minutos después de la aplicación del gel blanqueador ( $0,31 \pm 0,28 \mu\text{g}$ ). Se encontró una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos A y C ( $P < 0,001$ ). Para los demás grupos que utilizaron longitud de onda de 1064nm y 810nm, con potencia de 1.5w y 2.5w (B,D) respectivamente no hubo una diferencias estadísticamente significativas ( $P = 0,954$ ).

El estudio de Abbassi et al (2019), tenía igualmente 5 grupos, uno sin activación y uno control y los demás activados con láser diodo a diferentes longitudes de onda. Resultados que contrastan con los de Omrani et al (2016), en cuanto al nivel más alto de penetración el cual se observó en el grupo 2 que usó gel Biolase Laser White 20 activado por láser de diodo de 980nm y 1,5w ( $2,32 \pm 0,25 \mu\text{g}$ ). Pero con respecto a la penetración más baja si hubo concordancia ya que en este estudio también se presentó en el grupo 3 el cual fue activado con láser a 810nm y 1,5w ( $1,85 \pm 0,33 \mu\text{g}$ ). La diferencia fue significativa entre los grupos 2 y 3 ( $P = 0,024$ ), pero las diferencias entre otros grupos no fueron estadísticamente significativas ( $P \geq 0,42$ )

Con estos estudios se observa que no hay diferencias estadísticamente significativas en cuanto la penetración del peróxido de hidrogeno de entre 35-45% en la cámara pulpar con o sin activación del agente blanqueador. Con respecto a la penetración, la longitud de onda del láser si tuvo un efecto significativo, encontrando que entre mayor sea esta, mayor será la penetración del agente blanqueador. En cuanto la potencia no se observaron diferencias significativas en los estudios.

### **6.2.2 Estudio de citotoxicidad**

El peróxido puede producir efectos indeseables en el diente y otros tejidos bucales, dentro de la búsqueda realizada solo se encontró un artículo que hablo sobre la citotoxicidad. Con el objetivo de probar una terapia que pudiera contribuir a controlar estos efectos indeseables, Dantas et al (2010), en su estudio utilizaron la fototerapia láser de baja intensidad. Las células cultivadas en medio fresco y no irradiadas sirvieron como grupo de control positivo (PC), y las células cultivadas en medio acondicionado sirvieron como grupo de control negativo (NC). Para el grupo NC se utilizó peróxido de hidrogeno al 35% y este se subdividió en siete grupos. Tres usaron longitud de onda de 660nm a diferentes potencias 0.04w (10 segundos), 1w (6 segundos) y 2.5w (4 segundos). Los otros tres usaron longitud de onda de 780nm con las mismas 3 potencias 0.04w (10 segundos), 1w (6 segundos) y 2.5w (4 segundos).

La viabilidad celular aumentó significativamente en 24 horas dentro de cada grupo. El PC presentó viabilidad celular significativamente mayor que el NC en ambos tiempos experimentales. Los resultados mostraron que las sustancias liberadas por el gel blanqueador con 35% de peróxido de hidrogeno son citotóxicas para los fibroblastos. Además, que la fototerapia con láser de baja intensidad utilizando parámetros específicos como la longitud de onda de 660nm o 780nm y la

irradiación cercana a 0,04 w fue capaz de compensar los efectos citotóxicos del gel. Esto podría ser el resultado de un mantenimiento de la viabilidad celular parcial o incluso total, o de la estimulación de la proliferación de células supervivientes.

### **6.2.3 Estudios de temperatura**

Para el blanqueamiento asistido por láser, se añade al gel dióxido de titanio o pigmentos, estos compuestos se encuentran dispersos por todo el producto blanqueador, y su función es absorber parte de la energía del láser cuando este llega a la superficie del diente, convirtiéndola en energía térmica, por lo que la eficacia del blanqueador puede aumentar (Urban et al, 2017).

De los estudios incluidos, nueve arrojaron resultados con respecto a la temperatura. El peróxido de hidrogeno utilizado en estos artículos vario entre 25% y 38%. Los aumentos de temperatura registrados para seis de los nueve artículos estuvieron por debajo del valor crítico de 5.6 °C que puede causar cambios dañinos irreversibles en el tejido pulpar. Para los tres restantes (Eldeniz et al, 2005; Santos et al, 2018; Kivanc et al, 2012) la activación por luz de los materiales blanqueadores provocó aumentos de temperatura considerados críticos para la salud pulpar. Igualmente, en todos los artículos el gel pareció proporcionar un efecto aislante, y los aumentos de temperatura se minimizaron en todos los dientes cuando el gel estaba presente.

Los resultados arrojaron una diferencia estadísticamente significativa entre los grupos con y sin activación. En cuatro de los nueve artículos (Mollica et al, 2010; Andreatta et al, 2015; Barcellos et al, 2011) tuvieron grupos controles y activación con luz LED sin gel y con gel, arrojando que los grupos activados sin gel presentaron los mayores aumentos de temperatura independientemente de la longitud de onda o potencia. En el artículo de Trindade et al (2009), adicionalmente concluyeron que entre mayor fuese el tiempo de irradiación mayor seria la

temperatura. En ninguno de estos artículos se excedió la temperatura crítica. En tres de los artículos (Buchalla et al, 2007; Seale & Wilson, 1958; Sari et al, 2015) el láser de diodo presentó mayor aumento comparado con la luz LED o el grupo control. Además, se encontró que entre mayor fuese la longitud de onda (980nm-940nm), mayor sería la temperatura encontrada. Con respecto a dos artículos que usaron potencias entre 1w y 3w durante 30 segundos (Park et al, 2016; Barcellos et al, 2011) se encontró que la potencia de 3W fue la que generó mayor aumento en la temperatura (21.1° y 25,6°), por lo que podemos relacionar que entre mayor sea la potencia, mayor será el aumento de temperatura. Para el artículo de Al-Karadaghi T et al (2016), donde utilizaron una potencia de 7w durante 120 segundos en todos los grupos se encontró que el mayor incremento de elevación de temperatura se registró con los grupos de laser de diodo de 980nm y 940nm usados sin gel durante 120 segundos, donde la temperatura aumentó en 3,7 ° C y 2,73 ° C respectivamente.

### **6.3 Evaluación del riesgo de sesgo**

Dos revisores evaluaron de manera independiente el riesgo de sesgo en los estudios, para lo cual se creó una herramienta basada en el artículo de Faggion (2012), obteniendo los resultados que se describen en la tabla 5. De los doce estudios evaluados, diez obtuvieron un bajo riesgo de sesgo porque cumplían con ocho o más condiciones de las evaluadas y dos un riesgo moderado ya que solo cumplían de cinco a siete condiciones. Los resultados son descritos en la tabla 5 de acuerdo a los parámetros considerados para el análisis. Todos los artículos contaron con un objetivo claramente definido, con muestras con dimensiones similares, con un protocolo coherente de blanqueamiento, con un protocolo de activación del gel siguiendo las instrucciones del fabricante y todos contaron con una estadística. En tres de los doce artículos no se contó con un grupo control, en uno no se calculó el tamaño de la muestra y en dos no mencionan el método de

almacenamiento de las muestras. Donde más se encontraron deficiencias fue en la aleatorización de los grupos. Los artículos que cumplieron con todos los parámetros fueron el de Mollica et al (2010), Kivanc et al (2012), Pleffken et al (2012), Omrani et al (2016) y Al-Karadaghi et al (2016). Por el contrario, el que más incumplió fue el de Sari T et al (2013).

**Figura 5.** Evaluación de calidad y riesgo de sesgo

Estudio	Objetivo claramente establecido	Cálculo del tamaño de la muestra	Muestras con dimensiones similares	Dientes sanos	Método de almacenamiento de las muestra	Aleatorización grupos	Presencia de grupo control	Protocolo de blanqueamiento coherente	Protocolo de activación del gel (luz)	Se siguieron instrucciones del fabricantes	Se realizó análisis estadístico	Riesgo de sesgo
Eldeniz (2004)	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	Bajo
Sulieyman (2006)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	Bajo
Dantas (2010)	SI	NO	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	Moderado
Mollica (2010)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	Bajo
Ribeiro (2011)	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	Bajo
Kivanc (2012)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	Bajo
Pleffken (2012)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	Bajo
Sari T (2013)	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	Moderado
Andreatta (2015)	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	Bajo
Omrani (2016)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	Bajo
Al-Karadaghi (2016)	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	Bajo
Abbasi (2019)	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI	SI	SI	SI	Bajo

## 7. Discusión

Los geles blanqueadores contienen peróxido de hidrógeno o peróxido de carbamida, como ingrediente activo en concentraciones que oscilan entre el 3% y el 40% de peróxido de hidrógeno equivalente (Al-Karadaghi et al, 2016). El blanqueamiento se puede realizar en el consultorio completamente controlado, en casa por el paciente, o puede haber una combinación de ambos. Además de estas técnicas existen otras variables que incluyen el tipo de blanqueador, la concentración, el tiempo de aplicación y la presencia o ausencia de una fuente de luz (Barcellos et al, 2011).

Los artículos incluidos evalúan parámetros como temperatura, citotoxicidad y/o penetración. La decisión para realizar esta revisión estuvo basada en la búsqueda inicial realizada, la cual arrojó solo un artículo Benetti et al (2018), que reportaba los efectos de los diferentes tipos de luz utilizados durante el blanqueamiento en el tejido pulpar, pero sin evaluar los parámetros anteriormente mencionados. Además, se encontró que aún no existe un protocolo seguro y

establecido para realizar la activación del blanqueamiento con láser de diodo, encontrando diferentes longitudes de onda, potencias y tiempo de duración (Benetti et al, 2018; Eldeniz et al, 2005; Al-Karadaghi et al, 2016; Sulieman et al, 2006; Kivanc et al, 2012; Pleffken et al, 2012; Iqbal, 2016). Resultados que podrían estar asociados a que cada clínico con base en sus conocimientos diseña un protocolo a utilizar.

La absorción de la luz del láser requiere un cromóforo. Los cromóforos corporales disponibles son melanina, sangre, agua e hidroxiapatita. Cuando se usa luz láser para la amplificación del efecto blanqueador, el gel presenta partículas que mejoran la absorción de la luz del láser. Las partículas son capaces de absorber la energía luminosa de la longitud de onda de la luz emitida por el láser y de retransmitir la energía luminosa como energía térmica, aumentando así la eficacia de la composición blanqueadora (Abdelfattah, 2014). Agrawal et al (2017), en su estudio evalúan la eficacia y el daño térmico colateral producido por un láser de diodo de 940 nm a 1.2w con un modo de onda intermitente en una muestra de tejido porcino teñido y no teñido. Allí explican cómo el proceso de absorción al entrar el rayo láser en el medio implica más calor generado cerca de la superficie. Datos concordantes con los del estudio de Abassi et al (2019), donde se evidencia que la longitud de onda de 980 nm es absorbida más fácilmente por el agua provocando su evaporación y acelerando las reacciones químicas.

Wataha et al, afirmaron que la lesión a la pulpa dental causada por los agentes blanqueadores depende de su capacidad para penetrar a través del esmalte, la dentina y llegar a la cámara pulpar (como se cita en Iqbal, 2016). El peróxido de hidrógeno penetra en la pulpa debido a su bajo peso molecular y su capacidad para degradar las proteínas en los tejidos duros dentales (Llena et al, 2018). Este se difunde rápidamente en los dientes con un grosor de dentina reducido provocando estrés oxidativo en la pulpa; este daño es proporcional a la duración del contacto y la



concentración del gel blanqueador (Iqbal, 2016). Uno de los efectos secundarios del estrés oxidativo es la formación de especies reactivas de oxígeno (ROS), que dañan los lípidos, los ácidos nucleicos y las proteínas. Dependiendo de la intensidad del estrés oxidativo, las células afectadas pueden sufrir roturas de membrana y muerte (Iqbal, 2016).

Caviedes-Buchelli et al (2008), en su artículo hablan sobre como la penetración de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> puede generar sensibilidad dentinaria postratamiento; sugiriendo que la exposición tisular a la sustancia P, encargada de inducir vasodilatación, puede contribuir indirectamente al desarrollo de hiperalgesia. El proceso inflamatorio que se genera tras el blanqueamiento suele durar aproximadamente 2 semanas. Durante este tiempo, continúa la liberación de citocinas proinflamatorias, lo que, en algunos casos, podría perpetuar la liberación de sustancia P durante períodos de tiempo más prolongados y, por lo tanto, causar síntomas posteriores al tratamiento en algunos casos.

Estudio como el de Abassi et al (2019) observaron que, en los grupos activados por láser, el nivel de liberación y penetración del peróxido de hidrógeno aumentó con el uso de longitudes de onda más altas del láser, debido a que estas son mejor absorbidas por el gel blanqueador, lo que hace que su temperatura aumente y aumente su movilidad molecular. Igualmente, para el estudio de Omrani et al (2016), en donde la longitud de onda del láser tuvo un efecto significativo, encontrando que entre mayor sea esta, mayor será la penetración del agente blanqueador. El resultado del cambio de temperatura en el tejido pulpar se puede utilizar para especificar o generar una recomendación en cuanto la longitud de onda a utilizar al momento de activar el gel blanqueador.

Con respecto a la citotoxicidad se encontró que la fototerapia con láser de baja intensidad utilizando parámetros específicos como la longitud de onda de 660nm o 780nm y la irradiación

cercana a 0,04 w fue capaz de compensar los efectos citotóxicos de las sustancias liberadas por el gel blanqueador de peróxido de hidrógeno al 35%. Lo que podría ser el resultado de un mantenimiento de la viabilidad celular parcial o incluso total, o de la estimulación de la proliferación de células supervivientes.

Wetter et al en el 2004 encontraron un aumento de temperatura con el uso de peróxido de hidrogeno al 35% durante 10 minutos de 2 a 8°C y de 4 a 12 °C a 0.9W y 2W respectivamente. Resultados similares a los encontrados en el estudio de Sulieman et al (2006), donde la variación de los ajustes de potencia tuvo un efecto en el aumento de temperatura, siendo este menor a 5.5°C con potencias de 1-2W. Sin embargo, con un ajuste de potencia de 3 W produjo un aumento por encima de este umbral (16°C) y se recomienda usar con precaución este ajuste.

En el estudio clásico de Zach y Cohen (1965), se demostró que el aumento de la temperatura pulpar a 5,5 °C conducía a una pulpitis irreversible en el 15% de los dientes examinados. Resultados contradictorios a los de Park et al (2016) donde encontraron que ninguna de las fuentes de luz provocó un aumento de temperatura superior a 2 °C, como se encontró en el estudio Zanin et al (2003), que también empleó LED para acelerar la reacción del gel blanqueador. Para los estudios encontrados en esta revisión el aumento de temperatura supero los niveles críticos en algunos estudios, pero en otros el aumento se mantuvo dentro de los parámetros de seguridad ya probados, todos los estudios fueron probados en condiciones in vitro, donde la cámara pulpar se llenó con una pasta térmica.

Eldeniz et al (2005), en su estudio in vitro midió los cambios de temperatura causados por el calor generado por tres unidades de curado disponibles comercialmente y un láser de diodo, encontrando el mayor aumento de temperatura (11.7°C) cuando se usó el láser de diodo durante 15 s, con una potencia de 10W y una longitud de onda de baja intensidad. Y el menor aumento con

la luz LED (6.0°C). Resultados similares a los de Kivanç, et al (2012), donde el láser de diodo de 3W (915nm) indujo el mayor aumento de temperatura en la cámara pulpar en comparación con el láser de diodo de 1,5 W(915nm), LED (430nm) y halógeno (450nm) (P = 0,000), todos usados durante 20 segundos. Concluyendo que, a mayor potencia, longitud de onda y tiempo el láser diodo puede generar más efectos adversos sobre la pulpa dental.

El láser / luz LED violeta híbrido usado en el estudio de Andreatta et al (2015), con el gel de peróxido de hidrógeno al 10% (experimental) mostró similitud con el láser / luz LED azul híbrido asociado con otras concentraciones de gel (15, 25 y 35%). A pesar de la longitud de onda más corta de esta luz experimental (410 nm), no se observó un aumento significativo de temperatura dentro de la cámara pulpar. Esta nueva fuente de luz activa las partículas de nanocatalizador fotoactivado, promoviendo una mayor descomposición del peróxido de hidrógeno y, en consecuencia, una mayor liberación de iones de oxígeno. Resultados similares a los del estudio de Mollica et al (2010), el cual mostró que la activación por luz LED de los geles blanqueadores aunque contribuyó a una mayor variación del aumento de temperatura en la cámara pulpar, no alcanzó el valor crítico de 5,5 ° C. De igual manera que el estudio de Zanin et al (2003), quienes utilizaron LED para activar el gel blanqueador con un aumento de temperatura de solo 2°C.

Mollica et al (2010) mostró que la activación por luz LED de los geles blanqueadores contribuyó a una mayor variación del aumento de temperatura en la cámara pulpar, pero no alcanzó el valor crítico de 5,5 ° C. Cabe señalar que los modelos de estudio in vitro, como el utilizado en ese estudio no son capaces de reproducir el flujo sanguíneo pulpar, que es capaz de disipar el calor aplicado. Aquí el espesor de la superficie del premolar hasta la cámara pulpar se estandarizó en 2 mm. Según Wetter et al (2004), el tamaño de los dientes interfiere en el aumento de temperatura,

ya que en su estudio la temperatura fue menor en los molares que en los incisivos y premolares. Además, Sulieman et al (2006) encontraron que los dientes más pequeños, como los incisivos laterales, presentaban un aumento de temperatura mayor en comparación con los caninos, posiblemente debido a la diferencia de grosor dentinario entre estos dientes.

En los estudios de Joiner (2006) y Sari et al (2015)., se informó que el gel blanqueador en sí mismo actúa como una barrera absorbente de luz que proporciona un efecto aislante y disminuye la temperatura dentro de la pulpa, independientemente de la fuente de luz (laser o LED). Además, la presencia de agua y HP en el gel podría proporcionar un efecto de enfriamiento tras la evaporación de estos componentes durante el proceso de blanqueo activado por luz.

Los resultados de los estudios publicados son significativamente heterogéneos, por lo que es difícil sacar conclusiones. Y aunque todos evaluaron los efectos de la activación del peróxido de hidrogeno como agente en el blanqueamiento dental, los parámetros de uso del láser diodo fueron diferentes, ya que todos no usaron las mismas longitudes de onda, las mismas potencias, los mismos tiempos de exposición, y la misma casa comercial del gel blanqueador, por lo cual es lógico suponer que esto también puede haber sido una de las razones de la variabilidad en los resultados.

Los resultados arrojaron que el tamaño de las muestras de la mayoría de los estudios incluidos fue relativamente pequeño. Por lo tanto, es probable que muchos de estos estudios tuvieran errores de origen aleatorio, lo que no permite demostrar diferencias significativas en las medidas de resultado entre los grupos. Sin embargo, algunos de los estudios incluidos proporcionaron información clínica limitada, pero útil e indicaciones que los odontólogos deben evaluar cuidadosamente al decidir si activar o no el blanqueamiento dental, y como hacerlo de

forma correcta sin ocasionar efectos secundarios irreversibles, sobre todo con el uso del láser diodo, buscando una activación más consciente al manejar los distintos parámetros.

Varias limitaciones se presentaron en este estudio, entre ellas, la reducida cantidad de artículos encontrados, debido a que generalmente la mayoría de los estudios sobre blanqueamiento dental evalúan el impacto en el esmalte y la dentina, y los resultados estéticos, pero muy pocos lo hacen en relación con los efectos en la pulpa dental activados con luz led y laser de diodo evaluando parámetros de temperatura, citotoxicidad y/o penetración. Otra limitación fue la búsqueda de estudios sobre el efecto citotóxico en la pulpa, razones por las cuales el artículo encontrado se enfocó en los efectos del láser diodo en la fotobioestimulación de baja intensidad.

## 8. Conclusiones

- Los efectos adversos del blanqueamiento activado con láser diodo van a depender de la potencia y del tiempo con el que se usen.
- Entre mayor sea la longitud de onda y/o la potencia, mayor será la temperatura encontrada.
- Cuanto mayor es el período de irradiación de luz, mayor es el aumento de la temperatura intrapulpar debido a la exposición más prolongada del gel a la activación de la luz, por lo que se obtiene un estímulo más largo y luego se absorbe más luz y se genera más calor.
- La longitud de onda del láser de diodo tuvo un efecto significativo sobre la penetración del peróxido de hidrógeno en la cámara pulpar, encontrando que entre mayor sea esta, mayor será la penetración del agente blanqueador.
- Aun no se ha reportado un protocolo seguro que indique una longitud de onda y una potencia segura para la activación del blanqueamiento dental.

- Las sustancias liberadas por el gel blanqueador de peróxido de hidrogeno son citotóxicas para los fibroblastos de la pulpa dental, pero cuando se utiliza bajas potencias esto puede compensar los efectos citotóxicos del gel blanqueador.
- El láser de diodo presenta mayor aumento de temperatura comparado con la luz LED.
- Este estudio mostró que la activación por luz LED de los geles blanqueadores contribuyó a una mayor variación del aumento de temperatura en la cámara pulpar, pero no alcanzó el valor crítico de 5,5 ° C.

## 9. Recomendaciones

- Se requieren más estudios *in vitro* con muestras de mayor tamaño para obtener resultados más fiables acerca de los efectos del blanqueamiento en la cámara pulpar.
- Se requiere más evidencia científica con respecto a la citotoxicidad del gel blanqueador en el cámara pulpar activado con láser diodo.
- Se requieren más estudios de laser diodo que cuenten con protocolos y definan parámetros de longitud de onda, potencia y citotoxicidad.
- Se sugiere establecer un protocolo seguro que indique la potencia y longitud de onda para la correcta activación del láser diodo en el blanqueamiento, sin generar aumentos de temperatura mayores a los valores críticos.

### Referencias

- Abdelfattah M. (2014). Different Types of Laser use in Teeth Bleaching. *Journal of Medicine and Medical Sciences*, 5(10), 230–237. <https://www.interesjournals.org/articles/different-types-of-laser-use-in-teeth-bleaching.pdf>
- Andreatta, L., Soares, A., Bombonatti, F., Furuse, A. y Mondelli, R. (2015). Whitening gel and light source influence on pulp chamber temperature. *RSBO Revista Sul-Brasileira de Odontologia*, 12(2), 90-175. [http://revodonto.bvsalud.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1984-568520150002000](http://revodonto.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1984-568520150002000)
- Alarcón, J. (2020). Una mirada a SCINTI-AR Primer radiómetro de rayos gamma portátil argentino con optimización matemática. *La Revista de la Actualidad Nuclear*, 12(57), 17-18. <https://www.eletronuclear.gov.br/Imprensa-e-Midias/Documents/Energ%C3%ADa%20Nuclear%20Hoy%2057%20-%20Set%202020.pdf>
- Al-Karadaghi, T., Al-Saedi, A., Al-Maliky, M. y Mahmood, A. (2016). The effect of bleaching gel and (940 nm and 980 nm) diode lasers photoactivation on intrapulpal temperature and teeth whitening efficiency. *Australian endodontic journal*, 42(3), 112–118. <https://doi.org/10.1111/aej.12146>
- Alqahtani, M. (2014). Tooth-bleaching procedures and their controversial effects: A literature review. *The Saudi Dental Journal*, 26(2), 33–46. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sdentj.2014.02.002>
- Barcellos, C., Borges, A. Torres, R. y Batista, G. (2011). Analysis of the Pulp Chamber Temperature of Teeth Submitted to Light Activation with and without Bleaching Gel.

- World Journal of Dentistry*, 2(1), 7-23.  
<https://www.wjoud.com/doi/WJOUR/pdf/10.5005/jp-journals-10015-1048>
- Baroudi, K. y Hassan, N. A. (2014). The effect of light-activation sources on tooth bleaching. *Nigerian medical journal*, 55(5), 363–368. <https://doi.org/10.4103/0300-1652.140316>
- Benetti, F., de Azevedo, I., Cosme-Silva, L., Citelli, L., Penha, S. y Tavares, L. (2019). Cytotoxicity, Biocompatibility and Biomineralization of a New Ready-for-Use Bioceramic Repair Material. *Brazilian Dental Journal*, 30(4), 325-332. <https://doi.org/10.1590/0103-6440201902457>
- B.se-todo. (2016). *La palabra láser proviene de las iniciales L. A. S. E. R. cuyo significado es la frase inglesa "light amplification by stimulated emission of radiation" o sea.* <https://b.se-todo.com/himiya/5306/index.html>
- Buchalla, W. y Attin, T. (2007). External bleaching therapy with activation by heat, light or laser-  
-a systematic review. *Dental*, 23(5), 586–596.  
<https://doi.org/10.1016/j.dental.2006.03.018>
- Carreño, K. (2015). *Prescripción de analgésicos en pacientes con hipersensibilidad al peróxido de hidrógeno al 35% que son atendidos en la clínica integral. Facultad Piloto de Odontología. Periodo lectivo 2014-2015* [Trabajo de grado, Odontología]. Universidad de Guayaquil. Repositorio UG.  
<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/11381/1/CARRE%c3%91Okaren.pdf>
- Caviedes-Bucheli, J., Ariza-García, G., Restrepo-Méndez, S., Ríos-Osorio, N., Lombana, N. y Muñoz, H. R. (2008). The effect of tooth bleaching on substance P expression in human dental pulp. *Journal Of Endodontics*, 34(12), 1462–1465.  
<https://doi.org/10.1016/j.joen.2008.09.013>



- Cedillo, S. (2016). *Efectos Del Blanqueamiento Dental Sobre El Tejido Pulpar* [Trabajo de especialización, Especialización en endodoncia]. Universidad de Cuenca - Ecuador. DSpace Ucuena. <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/24808/1/tesis.pdf>
- Costa, C., Riehl, H., Kina, J., Sacono, N. y Hebling, J. (2010). Human pulp responses to in-office tooth bleaching. *Oral Surgery, Oral Medicine, Oral Pathology, Oral Radiology, And Endodontics*, 109(4), e59–e64. <https://doi.org/10.1016/j.tripleo.2009.12.002>
- Coluzzi, D. (2008). An Overview of Lasers in Dentistry. *Alpha Omegan*, 101(3), 125–126. <http://dx.doi.org/10.1016/j.aodf.2008.09.001>
- Dominguez, J. (2019). *Anatomía Y Fisiología Dental*. IDOCPUB. <https://idoc.pub/documents/idocpub-pnxkx7e3we4v>
- Dostalova, T., Jelinkova, H., Housova, D., Sulc, J., Nemeč, M., Miyagi, M., Brugnera Junior, A. y Zanin, F. (2004). Diode laser-activated bleaching. *Brazilian Dental Journal*, 15 Spec No, SI3–SI8.
- Eldeniz, A., Usumez, A., Usumez, S. y Ozturk, N. (2005). Pulpal temperature rise during light-activated bleaching. *Journal of Biomedical Materials Research*, 72(2), 254–259. <https://doi.org/10.1002/jbm.b.30144>
- Faggion C. M., Jr (2012). Guidelines for reporting pre-clinical in vitro studies on dental materials. *The Journal Of Evidence-Based Dental Practice*, 12(4), 182–189. <https://doi.org/10.1016/j.jebdp.2012.10.001>
- Féliz-Matos, L., Hernández, L. y Abreu, N. (2015). Dental Bleaching Techniques; Hydrogen-carbamide Peroxides and Light Sources for Activation, an Update. Mini Review Article. *The Open Dentistry Journal*, 8, 264–268. <https://doi.org/10.2174/1874210601408010264>

- Garcia, D. y Ostos, C. (2021). *Cambios óseos observados posterior a cirugía perirradicular mediante análisis de tomografía computarizada de haz de cono con materiales biocerámicos – revisión narrativa* [Trabajo de especialización, Especialización en Endodoncia]. Universidad Santo Tomás. Repositorio USTA. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/34464/2021GarciaCatalina.pdf?isAllowed=y&sequence=22>
- Gagnier, J., Riley, D., Altman, D., Moher, D., Sox, H., Kienle, G., (2013). The CARE guidelines: consensus-based clinical case reporting guideline development. *Deutsches Arzteblatt International*, 110(37), 603–608. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2013.0603>
- Gonzalez, B. (2014). *Estudio Clínico Comparativo Entre Dos Dispositivos De Luz Para Blanqueamientos En Clínica*. [Trabajo de maestría, Ciencias Odontológicas]. Universidad Complutense de Madrid. <https://eprints.ucm.es/id/eprint/27417/1/Bea.ESTUDIO%20CL%20COMPARATIVO%20ENTRE%20DOS%20DISPOSITIVOS%20DE%20LUZ%20PARA%20BLANQUEAMIENTOS%20EN%20CL%20NICIA.pdf>
- Grootveld, M., Lynch, E., Page, G., Chan, W., Percival, B., Anagnostaki, E., Mylona, V., Bordin-Aykroyd, S. y Grootveld, K. L. (2020). Potential Advantages of Peroxoborates and Their Ester Adducts Over Hydrogen Peroxide as Therapeutic Agents in Oral Healthcare Products: Chemical/Biochemical Reactivity Considerations In Vitro, Ex Vivo And In Vivo. *Dentistry Journal*, 8(3), 89. <https://doi.org/10.3390/dj8030089>
- Internacional Dental Distribuidores, IDD. (2009, 13 de noviembre). *Una revisión sistemática: Terapia externa de blanqueamiento con activación por calor, luz o láser*. newsidd.blogspot. <https://newsidd.blogspot.com/>

- Iqbal A. (2016). The Factors Responsible for Endodontic Treatment Failure in the Permanent Dentitions of the Patients Reported to the College of Dentistry, the University of Aljouf, Kingdom of Saudi Arabia. *Journal Of Clinical And Diagnostic Research*, 10(5), ZC146–ZC148. <https://doi.org/10.7860/JCDR/2016/14272.7884>
- Jimenez, A. (2017). *Estudio comparativo de los cambios histomorfológicos pulpoperiodontales entre ratas adultas y jóvenes en la fase de latencia del movimiento dentario ortodóncico* [Tesis de grado, Cirujano dentista]. Universidad de Chile. Repositorio Institucional Unichile. <https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/143929/Estudio-comparativo-de-los-cambios-histomorfol%C3%B3gicos-pulpoperiodontales.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Joiner A. (2006). The bleaching of teeth: a review of the literature. *Journal of Dentistry*, 34(7), 412–419. <https://doi.org/10.1016/j.jdent.2006.02.002>
- Kiomars, N., Azarpour, P., Mirzaei, M., Hashemi Kamangar, S. S., Kharazifard, M. J. y Chiniforush, N. (2016). Evaluation of the Diode laser (810nm, 980 nm) on color change of teeth after external bleaching. *Laser Therapy*, 25(4), 267–272. <https://doi.org/10.5978/islsm.16-OR-21>
- Kivanç, B., Arisu, H., Ulusoy, Ö., Sağlam, B. y Görgül, G. (2012). Effect of light-activated bleaching on pulp chamber temperature rise: an in vitro study. *Australian endodontic journal*, 38(2), 76–79. <https://doi.org/10.1111/j.1747-4477.2010.00271.x>
- Khoroushi, M. y Kachuie, M. (2017). Prevention and Treatment of White Spot Lesions in Orthodontic Patients. *Contemporary Clinical Dentistry*, 8(1), 11–19. [https://doi.org/10.4103/ccd.ccd\\_216\\_17](https://doi.org/10.4103/ccd.ccd_216_17)

- Klaric, E., Rakic, M., Sever, I. y Tarle, Z. (2015). Temperature rise during experimental light-activated bleaching. *Lasers In Medical Science*, 30(2), 567–576.  
<https://doi.org/10.1007/s10103-013-1366-6>
- Libfeld, H. y Rotstein, I. (1989). Incidence of four-rooted maxillary second molars: literature review and radiographic survey of 1,200 teeth. *Journal of Endodontics*, 15(3), 129–131.  
[https://doi.org/10.1016/S0099-2399\(89\)80134-7](https://doi.org/10.1016/S0099-2399(89)80134-7)
- Llena, C., Collado-González, M., Tomás-Catalá, C. J., García-Bernal, D., Oñate-Sánchez, R. E., Rodríguez-Lozano, F. J. y Forner, L. (2018). Human Dental Pulp Stem Cells Exhibit Different Biological Behaviours in Response to Commercial Bleaching Products. *Materials*, 11(7), 1098. <https://doi.org/10.3390/ma11071098>
- Ministerio de Salud y Protección Social. (1993, 4 de octubre). Resolución 8430. *Por la cual se establecen las normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud.* Ministerio de Salud y Protección Social.  
<https://www.minsalud.gov.co/sites/rid/Lists/BibliotecaDigital/RIDE/DE/DIJ/RESOLUCION-8430-DE-1993.PDF>
- Mollica, F., Rocha, D., Travassos, A., Valera, M. y Araujo, M. (2010). Temperature variation in pulp chamber during dental bleaching in presence or absence of light activation. *Revista Odonto Ciência*, 25(4), 382-385.  
<https://revistaseletronicas.pucrs.br/index.php/fo/article/view/6452>
- Nosrat, A., Ryul Kim, J., Verma, P. y S Chand, P. (2014). Tissue engineering considerations in dental pulp regeneration. *Iranian Endodontic Journal*, 9(1), 30–39.
- Pacora, R. (2021). *Efecto del láser de baja potencia en el alivio del dolor de úlceras aftosas en el consultorio odontológico bios dent. huacho, 2018* [Tesis de grado, Cirujano Dentista].

Universidad Roosevelt. Repositorio URoosevelt.

<https://repositorio.uroosevelt.edu.pe/bitstream/handle/ROOSEVELT/324/TESIS%20RA>

[UL%20PACORA%20%281%29.pdf?isAllowed=y&sequence=1](https://repositorio.uroosevelt.edu.pe/bitstream/handle/ROOSEVELT/324/UL%20PACORA%20%281%29.pdf?isAllowed=y&sequence=1)

Panasys. (2017, 21 de abril). *Diodo emisor de luz (LED), que emite luz cuando está cargado eléctricamente produciendo electroluminiscencia*. <http://es.panasyslcd.com/info/light-emitting-diode-led-emitting-light-whe-20119071.html>

Park, S., Kwon, S., Qian, F. y Wertz, P. (2016). The Effect of Delivery System and Light Activation on Tooth Whitening Efficacy and Hydrogen Peroxide Penetration. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*, 28(5), 313–320. <https://doi.org/10.1111/jerd.12238>

Pendyala, C., Tiwari R., Dixit H, Augustine, V., Baruah, Q., Baruah, K., Pendyala, C. (2018). LASERS and its Applications in Dentistry A Contemporary Apprise on LASERS and its Applications in Dentistry. *International Journal of Engineering Research & Technology* 4(2), 47–51. [https://www.researchgate.net/publication/326842960\\_A\\_Contemporary\\_Apprise\\_on\\_LASERS\\_and\\_its\\_Applications\\_in\\_Dentistry](https://www.researchgate.net/publication/326842960_A_Contemporary_Apprise_on_LASERS_and_its_Applications_in_Dentistry)

Perdomo, A. (2014). *Metodología sobre obtención de muestra, cultivo y caracterización in vitro de células madre mesenquimales humanas obtenidas de la pulpa de dientes permanentes. Revisión narrativa de la literatura* [Tesis de grado, Especialidad en Endodoncia]. Universidad Nacional de Colombia. Repositorio Universidad Nacional - UNAL. <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/52598/29351659.2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Pleffken, P., Borges, A., Gonçalves, S. y Torres, C. (2012). The effectiveness of low-intensity red laser for activating a bleaching gel and its effect in temperature of the bleaching gel and

- the dental pulp. *Journal of esthetic and restorative dentistry*, 24(2), 126–132.  
<https://doi.org/10.1111/j.1708-8240.2011.00444.x>
- Quimiodonto. (s.f.). *En base a la Información*. <https://quimiodonto.wordpress.com/>
- Ramírez, J. (2016). *Evaluación de la efectividad y seguridad biológica del blanqueamiento dental con peróxido de hidrógeno al 6% con dióxido de titanio nitrogenado activado por luz láser/led: estudio comparativo de dos protocolos de aplicación* [Tesis de grado, Área de Operatoria Clínica]. Universidad de Chile. Repositorio Institucional Unichile.  
<https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/143366/Evaluaci%C3%B3n-de-la-efectividad-y-seguridad-biol%C3%B3gica-del-blanqueamiento-dental.pdf?isAllowed=y&sequence=1>
- Sanchez, E. (2016). *Estudio “in vitro” de la cantidad de peróxido de hidrógeno que llega a la cámara pulpar y efectos sobre la superficie adamantina tras un proceso de blanqueamiento químico activo con diferentes productos comerciales*. [Tesis doctoral, Odontología]. Universidad CEU Cardenal Herrera. Repositorio institucional CEU.  
[https://repositorioinstitucional.ceu.es/bitstream/10637/8595/1/Estudio%20in%20vitro%20de%20la%20cantidad%20de%20per%C3%B3xido%20de%20hidr%C3%B3geno%20que%20llega%20a%20la%20c%C3%A1mara%20pulpar%20y%20efectos%20sobre%20la%20superficie%20adamantina%20tras%20un%20proceso%20de%20blanqueamiento%20quimioactivo%20con%20diferentes%20productos%20comerciales\\_Tesis.pdf](https://repositorioinstitucional.ceu.es/bitstream/10637/8595/1/Estudio%20in%20vitro%20de%20la%20cantidad%20de%20per%C3%B3xido%20de%20hidr%C3%B3geno%20que%20llega%20a%20la%20c%C3%A1mara%20pulpar%20y%20efectos%20sobre%20la%20superficie%20adamantina%20tras%20un%20proceso%20de%20blanqueamiento%20quimioactivo%20con%20diferentes%20productos%20comerciales_Tesis.pdf)
- Santos, A., Bussadori, S., Pinto, M., Pantano, D., Brugnera, A., Zanin, F., Rodrigues, M., Motta, L. y Horliana, A. (2018). Evaluation of in-office tooth whitening treatment with violet LED: protocol for a randomised controlled clinical trial. *BMJ open*, 8(9), e021414.  
<https://doi.org/10.1136/bmjopen-2017-021414>

- Sari, T., Celik, G. y Usumez, A. (2015). Temperature rise in pulp and gel during laser-activated bleaching: in vitro. *Lasers In Medical Science*, 30(2), 577–582. <https://doi.org/10.1007/s10103-013-1375-5>
- Seale, N. y Wilson, C. (1985). Pulpal response to bleaching of teeth in dogs. *Pediatric Dentistry*, 7(3), 209–214. <https://www.aapd.org/globalassets/media/publications/archives/seale-07-03.pdf>
- Scottish Intercollegiate Guidelines Network. (2011). *SIGN 50 A guideline developer's handbook. Diversity*, SNG. [https://www.sign.ac.uk/assets/sign50\\_2011.pdf](https://www.sign.ac.uk/assets/sign50_2011.pdf)
- Sulieman, M., Rees, J. y Addy, M. (2006). Surface and pulp chamber temperature rises during tooth bleaching using a diode laser: a study in vitro. *British Dental Journal*, 200(11), 631–619. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4813644>
- Tredwin, C. J., Naik, S., Lewis, N. J. y Scully, C. (2006). Hydrogen peroxide tooth-whitening (bleaching) products: review of adverse effects and safety issues. *British Dental Journal*, 200(7), 371–376. <https://doi.org/10.1038/sj.bdj.4813423>
- Trindade, F., Ribeiro, A., Sacono, N., Oliveira, C., Lessa, F., Hebling, J. y Costa, C. (2009). Trans-enamel and trans-dentinal cytotoxic effects of a 35% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> bleaching gel on cultured odontoblast cell lines after consecutive applications. *International Endodontic Journal*, 42(6), 516–524. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2591.2009.01544.x>
- Urban, I., Monje, A., Lozada, J. y Wang, H. (2017). Long-term Evaluation of Peri-implant Bone Level after Reconstruction of Severely Atrophic Edentulous Maxilla via Vertical and Horizontal Guided Bone Regeneration in Combination with Sinus Augmentation: A Case Series with 1 to 15 Years of Loading. *Clinical Implant Dentistry and Related Research*, 19(1), 46–55. <https://doi.org/10.1111/cid.12431>

- Urrútia, G. y Bonfill, X. (2010). Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis [PRISMA declaration: a proposal to improve the publication of systematic reviews and meta-analyses]. *Medicina Clinica*, 135(11), 507–511. <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2010.01.015>
- Vaz, M., Lopes, L., Cardoso, P., Souza, J., Batista, A., Costa, N., Torres, É. y Estrela, C. (2016). Inflammatory response of human dental pulp to at-home and in-office tooth bleaching. *Journal of Applied Oral Science*, 24(5), 509–517. <https://doi.org/10.1590/1678-775720160137>
- Wetter, N., Barroso, M. y Pelino, J. (2004). Dental bleaching efficacy with diode laser and LED irradiation: an in vitro study. *Lasers In Surgery And Medicine*, 35(4), 254–258. <https://doi.org/10.1002/lsm.20103>
- Zach, L. y Cohen, G. (1965). Pulp Response to Externally Applied Heat. *Oral Surgery, Oral Medicine, And Oral Pathology*, 19, 515–530. [https://doi.org/10.1016/0030-4220\(65\)90015-0](https://doi.org/10.1016/0030-4220(65)90015-0)
- Zanin, F., Brugnera, A., Zanin, S., Campos, H. y Zanin, O. (2003). Clareamento dental com laser e led. *RGO - Revista Gaucha de Odontologia*, 51(3), 143-146.