



**Universidad  
Europea** VALENCIA

**Grado en ODONTOLOGÍA**

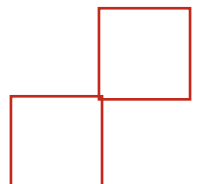
**Trabajo Fin de Grado**

**Curso 2022-23**

**Efectividad de la fotoactivación del peróxido  
de hidrógeno al 37% en el blanqueamiento  
dental: Estudio piloto *in-vitro***

**Presentado por: Matilde Mengoli**

**Tutor: Arantxa Climent Gil, DDs, Phd**



## ***Agradecimientos***

Quisiera destacar mis más sinceros agradecimientos a mi tutora Prof. Arantxa Climent Gil. Me siento extremadamente gratificada por haber tenido su apoyo, no solo porque sin ella este proyecto no se hubiera llevado a cabo, sino por su amabilidad en todo lo que ha hecho por mí, por todas las horas que me ha dedicado de su tiempo, y por estar siempre presente cuando lo he necesitado.

A la Prof. Amparo Aloy, porqué ha sido un referimiento este año. Gracias por todo el cariño con el cual nos has seguido y por ser tan amable en resolver y ayudar las dudas, en cualquier momento. Espero que la vida te dé lo que mereces porqué eres una gran persona.

A mis amigos Laura, Federica, Jacopo y Giovanni para poder contar en ellas/os cuando lo necesitaba y en especial modo a Arianna por ser tan sincera y pura, siempre te llevaré en mi corazón. Gracias por haber compartido conmigo aventuras, lágrimas, alegrías y risas en estos años, no hubiera sido posible sin el apoyo incondicional de una amiga como tú.

A mis compañeros de clase, porque además de ser compañeros, somos hermanos/as. Hemos construido una verdadera familia, que espero de llevar en el corazón para siempre. Soís especiales.

A Gianluca, por haber hecho este camino juntos, desde el primer momento hasta el último. Gracias por apoyarme y soportarme en momentos de desánimo y debilidad. Gracias porque sin un pilar como lo fuiste tú para mí no hubiera sido fácil seguir con la frente en alto.

A mis compañeros de piso Riccardo, Andrea M. Andrea C. y Marta, que aunque se hayan ido el año pasado, han sido una parte clave y fundamental de este viaje. Gracias por compartir conmigo un logro muy especial y por haber crecido juntos. Con vosotros realmente entendí lo que significa la palabra amistad.

De forma especial quiero agradecer a mi madre Cristina, a mi hermano Francesco y mis abuelos Silvana y Bruno. Habéis sido siempre el motor que impulsa mis sueños y esperanzas, quienes estuvieron siempre a mi lado en los días y noches más difíciles durante mis horas de estudio. Los que me han enseñado a no rendirse nunca en la

vida. Siempre han sido mis mejores guías de vida. Gracias porqué nada de todo esto, hubiera sido posible sin vosotros.

En conclusión, quiero felicitarme por ser tan decidida y no rendirme nunca ante tantas derrotas. Gracias también a los que no creyeron en mí, porque es también gracias a vosotros a quienes debo esta victoria.

## INDICE

1. Resumen.....	5
2. Abstract.....	6
3. Palabras clave.....	7
4. Introducción.....	8
4.1 Historia del blanqueamiento dental.....	8
4.2 Blanqueamiento dental.....	8
5. Justificación e hipótesis	
5.1 Justificación.....	21
5.2 Hipótesis.....	22
6. Objetivos.....	23
7. Materiales y métodos.....	24
7.1. Material	
7.1.1 Diseño del estudio.....	24
7.1.2 Selección muestra.....	24
7.1.3 Tamaño muestral.....	25
7.1.4 Material empleado.....	25
7.2 Método	
7.2.1 Descripción procedimiento.....	26
7.2.2 Recogida de datos.....	28
7.2.3 Análisis estadístico.....	30
8. Resultados	
- Análisis descriptivo.....	31-32
- Análisis analítico.....	32-33
9. Discusión.....	34
- Resultados clave.....	38
- Limitaciones.....	40
- Aplicaciones clínica o futuras.....	40
10. Conclusión.....	41
11. Bibliografía.....	42-48
12. Anexos.....	49-81

## 1. RESUMEN

**Introducción:** Actualmente existen varios tipos de protocolos de fotoactivación para blanqueamiento dental con resultados diversos. El objetivo principal fue evaluar el efecto de la luz LED convencional como activador del peróxido de hidrógeno al 37%, aplicado sobre la superficie dental externa.

**Materiales y métodos:** Se realizó un estudio piloto in vitro en el mes de Febrero-Marzo 2023 en la Universidad Europea de Valencia. Se seleccionaron 20 dientes y se dividieron en dos grupos, A (fotoactivado con luz LED) y B (no fotoactivado). Se realizaron dos sesiones de blanqueamiento dental con tres aplicaciones del agente blanqueador (Pola Office®, PH al 37,5%) en cada sesión. Además, para ver el cambio de color con la fórmula CIE L, a\* y b\*, se realizó la toma de color mediante el uso del espectrofotómetro: antes del blanqueamiento, tras la primera sesión y al final de la segunda sesión. Se calcularon los  $\Delta E$  y se realizó un análisis estadístico descriptivo e inferencial, con el test ANOVA, considerando estadísticamente significativo  $p < 0,05$ .

**Resultados:** Se mostraron diferencias de color ( $\Delta E$ ) estadísticamente significativas ( $p < 0,001$ ), tras las diferentes sesiones de blanqueamiento, en los dos grupos. Comparando ambos grupos de forma global, se obtuvo mejores resultados en el grupo A ( $p < 0,001$ ).

**Conclusión:** La fotoactivación con luz LED mostró una mejora significativa en el cambio de color dental. Estos hallazgos respaldan la eficacia de la luz LED convencional como activador del peróxido de hidrógeno y sugieren resultados superiores en el blanqueamiento dental.

## 2. ABSTRACT

**Introduction:** Currently there are several types and protocols of photoactivation for tooth whitening with varying results. The main objective was to evaluate the effect of conventional LED light as an activator of 37% hydrogen peroxide, applied to the external tooth surface.

**Material and methods:** An in vitro pilot study was carried out in February-March 2023 at the European University of Valencia. Twenty teeth were selected and divided into two groups, A (photoactivated) and B (photoactivated). They underwent two tooth whitening sessions with three applications of the whitening agent (Pola Office®, PH 37.5%) in each session. In addition, in order to see the colour change with the CIE L, a\* and b\* formula, the colour was measured using a spectrophotometer: before bleaching, after the first session and at the end of the second session. The  $\Delta E$  were calculated and a descriptive and inferential statistical analysis was carried out with the ANOVA test, considering  $p < 0.05$  statistically significant.

**Results:** Statistically significant differences in colour ( $\Delta E$ ) were shown ( $p < 0.001$ ) between the two groups after the different bleaching sessions. Comparing both groups overall, better results were obtained in group A ( $p < 0.001$ ).

**Conclusion:** Photoactivation with LED light showed a significant improvement in tooth colour change. These findings support the efficacy of conventional LED light as an activator of hydrogen peroxide and suggest superior results in tooth whitening.

### **3. Palabras claves**

- Blanqueamiento dental
- Peróxido de hidrógeno al 37%
- Cambio de color
- Fotoactivación
- Luz LED
- Espectrofotómetro

## **4. INTRODUCCIÓN**

### **4.1. Historia del blanqueamiento dental**

La importancia de la estética dental no es nueva, ya desde años inmemorables los seres humanos han buscado hacerla posible a través de distintos métodos de acuerdo con su cultura, creencias y predisposición de la antigüedad hasta la actualidad (1,2), esto debido a que una sonrisa agradable es la mejor tarjeta de presentación (1). De hecho, 2000 años a.C., en Japón, existió una práctica llamada Ohaguro que consistía en decolorarse los dientes a colores como el negro o café oscuro (2).

Por otro lado, los mayas de centro y Suramérica (1000 años d.C.) lustraban los bordes de los incisivos y caninos usando diferentes imágenes. A posteriori en el imperio Romano, las clases poderosas se realizaban tratamientos de estética dental usando enjuagues bucales, dentífricos y palillos de dientes en los baños de la época (1). Así mismo, en Portugal, se lavaban los dientes con orina, en vista que los sumos sacerdotes creían que esta sustancia mantenía los dientes blancos y saludables (2). Ahora bien, el blanqueamiento dental tal cual se conoce hoy en día es una técnica de estética dental ampliamente utilizada con éxito desde el año 1877, tal cual como aparece el primer reporte sobre blanqueamiento (2).

### **4.2 Blanqueamiento dental**

El blanqueamiento dental aparece como una opción viable para solucionar esta alteración con la ventaja de ser un procedimiento menos invasivo, con un buen costo beneficio y resultados satisfactorios (3).

#### **4.2.1 Definición**

El blanqueamiento dental es un tratamiento clínico con el propósito de aclarar la superficie dental usando diferentes sistemas, que a través de un proceso oxidativo perturba la absorción de luz o la reflexión de esta sobre la superficie del diente, aclarándola (3,4) y su eficacia clínica se basa en tres conceptos fundamentales: el



agente blanqueante utilizado, el protocolo de tratamiento para realizar el blanqueamiento y la activación del agente blanqueador empleado

#### **4.2.2 Color y Blanqueamiento**

A nivel dental, de acuerdo con Munsell, el color es el conjunto del matiz (tinte, tono), del valor (luminosidad, brillo), y del croma (saturación, intensidad), lo explica perfectamente con el Sólido de Munsell en su Sistema de Colores de Munsell (5). El color dental es igual al color en cualquier sentido, el cual más que una característica física es una percepción personal, y se manifiesta a través de los tres elementos que componen el color, las fuentes de luz, los objetos iluminados por ellas y el sistema de visión.

La fuente de luz se define por la manera que se distribuye la energía en distintas longitudes de onda en el espectro, en el momento que la luz cae sobre un objeto según las características que este posee, la luz es transformada por reflexión, dispersión, absorción y transmisión (6).

#### **4.2.3 Etiología de los cambios de color o decoloración dental**

Su etiología es multifactorial y depende de factores extrínsecos e intrínsecos:

##### **4.2.3.1 Factores extrínsecos**

Son elementos cuyos pigmentos se depositan en la superficie dentaria en reacción de azúcares y aminoácidos (7,8). En general, corresponden a una incorporación de alimentos y otros productos como el tabaco, capaces de pigmentar la superficie de los dientes sobre todo cuando existe una higiene dental deficiente y elevación del pH de la cavidad bucal (9). Estos pigmentos o sustancias cromatogénicas se depositan principalmente en los hombres (31 % vs 21 % de las mujeres) (10). En la tabla 1 se observan los factores extrínsecos que más comúnmente producen pigmentaciones (10):

**Tabla 1. Factores extrínsecos. Tomado de Greenwall L.2002 (10).**

<b>Factores extrínsecos</b>	<b>Características</b>
<b>Tabaco, pipas, puros</b>	Los componentes del tabaco se diluyen en la saliva, depositándose en las superficie dental y bajando el pH. Producen manchas marrones amarillentas hacia negro
<b>Drogas como la marihuana</b>	Anillos de marrón oscuro a negro
<b>Café, té, vino tinto, alimentos</b>	Manchas amarillentas o marrones
<b>Metales como níquel, cobre, hierro</b>	Ocasionan pigmentaciones cuando los iones de estos metales están en contacto con la saliva. Los trabajadores de industrias de cobre y níquel presentan pigmentaciones verduzcas
<b>Productos químicos como la clorhexidina</b>	Manchas marrones a negruzcas
<b>Higiene oral deficiente</b>	Los cambios de color debido a esta deficiencia son debidos a bacterias cromógenas

#### **4.2.3.2 Factores intrínsecos**

Son elementos o procesos que generan pigmentaciones producto de cambios estructurales internos que altera la composición y evolución de los tejidos dentales como el esmalte o la dentina ocasionando defectos en el esmalte o agregación de sustancias cromóforas en la dentina y/o el esmalte (9,10). Las pigmentaciones intrínsecas se clasifican de acuerdo con su naturaleza en *congénitas*, las cuales son variaciones de color a consecuencia de modificaciones estructurales durante la formación evolutiva del diente, y *adquiridas* que se subdividen en pre-eruptivas y post-eruptivas de acuerdo con la etapa del desarrollo evolutivo en que se ocasionan (Tabla 2).

Tabla 2. Factores intrínsecos. Tomado de Solís, 2018 (5), Nocchi, 2008 (6), Brenna, 2010 (7) Greenwall, 2002 (10).

Factores intrínsecos	Características
<b>Congénitas</b>	
<b><i>Hipoplasia del esmalte</i></b>	Esmalte defectuoso y poroso lo que determina su fácil pigmentación. Manchas blancas a castaño oscuro
<b><i>Hipocalcificación del esmalte</i></b>	Pigmentación marrón o blanquecina en las superficies vestibulares de los dientes
<b><i>Dentinogénesis imperfecta</i></b>	Manchas rojizo-marrón, amarillo-amarronadas o grises
<b><i>Fluorosis (simple, opaca y moteado)</i></b>	Pigmentación de color marrón o blanco con aspecto irregular. Se produce debido a la porosidad de las capas del esmalte que favorecen la absorción del flúor cuando existen cantidades excesivas de este elemento químico (en el agua o por gran ingesta de pastillas de flúor)
	Aquí no pone nada. Eliminar fila
<b>Adquiridas</b>	
<b><i>Pre-eruptivas</i></b>	
<b><i>Tetraciclinas</i></b>	Este antibiótico bacteriostático se une por quelación al esmalte y dentina, los iones calcio se unen a los cristales de hidroxiapatita formando una molécula quelada que se enfila por los capilares terminales de la dentina a la unión predentina-dentina que se encuentra en mineralización ocasionando una pigmentación de color marrón.
<b>Porfiria</b>	Manchas marrón-rojizo
<b>Eritroblastosis fetal</b>	Manchas de verde a castaño
<b>Ictericia grave</b>	Manchas verdes azuladas o marrones en dientes deciduos
<b><i>Posteruptiva</i></b>	
<b>Envejecimiento</b>	Se suceden cambios en el esmalte y deposición dentinaria. Color grisáceo amarillento.

<b>Necrosis pulpar</b>	Cambios de coloración por las sustancias producto de la irritación mecánica o química de la pulpa que se permeabilizan hacia los túbulos dentinarios. Manchas grisáceo a negro
<b>Hemorragia intrapulpar debida a traumatismo</b>	Como resultado de la formación de sulfuros de hierro que ingresan a los túbulos dentinales y pigmentan a la dentina. Manchas marrón, gris, negro
<b>Materiales restauradores y procedimientos dentales</b>	Entre los cuales se encuentra el eugenol, la amalgama y los pines metálicos y postes prefabricados. Manchas marrón, gris, negro
<b>Enfermedad, traumatismos y medicación</b>	Son de difícil eliminación Este punto no lo tengo claro...porque explícamelo.

#### 4.2.4 Mecanismo del blanqueamiento dental

La visualización oscura del diente se debe a una mayor absorción de la luz, producto de la presencia de cadenas moleculares largas y complejas en el interior de la estructura dental. Es decir, que cuando el diente muestra una coloración normal es a consecuencia de una menor absorción de luz generando la percepción óptica de una superficie más clara, en vista de una mayor reflexión de la luz (8).

Según Fornaini y cols. en el año 2013, el blanqueamiento dental se logra mediante una reacción de oxidación-reducción en la que las especies de oxígeno reactivo y algunos radicales libres liberados durante la disociación del agente blanqueador, ataca las moléculas cromóforas de cadena larga y de color oscuro presentes en los tejidos dentales dividiéndolas en moléculas más pequeñas, menos coloreadas y más difusibles, produciendo el efecto blanqueador (11).

Para producir el blanqueamiento dental existen diferentes tipos de agentes blanqueadores; aquellos fundamentados en soluciones de peróxidos con peso molecular de 30 g/mol poseen la capacidad de desnaturalizar proteínas generando un incremento del movimiento de iones a través de la estructura dental. Es decir que este tipo de soluciones reaccionan con las macromoléculas causantes de la pigmentación gracias a su gran poder oxidante y es precisamente por el proceso de oxidación que los

materiales orgánicos son de manera eventual convertidos en dióxido de carbono y en agua con capacidad de remover por difusión, los pigmentos de la estructura dentaria (12).

El peróxido de hidrógeno (PH) se puede emplear en forma pura o como producto obtenido tras la disociación de otras sustancias blanqueadoras, como perborato de sodio y peróxido de carbamida (11). Su importancia radica en que posee bajo peso molecular y, por lo tanto, se difunde a través de la matriz orgánica del esmalte y de la dentina.

El peróxido de carbamida (6), ( $\text{CH}_4 \text{ N}_2 \text{ O-H}_2 \text{ O}_2$ ), es el producto más utilizado, principalmente cuando se trata de la técnica de blanqueamiento vital realizada en el hogar. Es un producto químico soluble en agua compuesto por la asociación de peróxido de hidrógeno y urea, que se disgregan en contacto con los tejidos o con la saliva conduciendo al desdoblamiento del peróxido de hidrógeno en oxígeno y agua, mientras que la urea se separa en amoníaco y dióxido de carbono. La actuación de estos productos, por ejemplo el de la urea disociada tiene la capacidad de neutralizar el pH del medio en un inicio, entre tanto el amoníaco facilita la penetración del oxígeno, al incrementar la permeabilidad de la estructura dental (12). A partir de lo expuesto, un gel de peróxido de carbamida a una concentración del 10% se degrada aproximadamente en peróxido de hidrógeno al 3% (principal sustancia activa) y urea al 7% (12).

Ahora bien, para incrementar el tiempo de duración del gel blanqueador a base de soluciones de peróxido de carbamida, se ha venido agregando un polímero espesante llamado carbopol, el cual acrecienta la viscosidad y la estabilidad del agente blanqueador propiciando la liberación lenta de oxígeno haciéndolo excelente para su uso nocturno (8).

Por su parte, otros estudios informaron que para mejorar los productos blanqueadores se agrega el fosfato de calcio amorfo (APC), el cual restaura el balance mineral generando un proceso de remineralización durante y después del tratamiento con la consiguiente disminución de la hipersensibilidad, desmineralización y microdureza en el esmalte, al liberar iones de fosfato y calcio que a su vez aminora la actividad cariogénica e impide la adherencia de placa (3,13). Por otro lado, también se

puede agregar el gluconato lactato de calcio ( $C_9H_{16}CaO_{10}$ ), el cual es un complejo integrado que beneficia la remineralización y preservación del tejido (5).

#### **4.2.5 Técnicas de blanqueamiento**

Existen dos técnicas para el tratamiento de blanqueamiento dental: la técnica domiciliar que permite utilizar peróxido de carbamida (concentraciones no mayor de 16% de carbamida y 6% de peróxido de hidrógeno, según Nueva Normativa Europea Sobre Blanqueamiento Dental (14) y la técnica en consulta que emplea peróxido de hidrógeno en mayores concentraciones (15).

##### **4.2.5.1 Técnica domiciliar:**

Se pueden realizar diferentes técnicas, sin embargo, entre la más comunes se encuentran las férulas de acetato de vinilo cargadas con el agente blanqueante o también pueden emplearse pinceles para aplicar el agente sobre los dientes como si fuera un barniz, aunque actualmente se están usando tiras adhesivas impregnadas del agente blanqueante. Su frecuencia de uso, tiempo y protocolo depende de la concentración del gel (15).

##### **4.2.5.2 Técnica de blanqueamiento en consulta**

El material blanqueante usado por el profesional es el peróxido de hidrógeno en altas concentraciones (entre 25 y 40 %) o el peróxido de carbamida al 35 % (5,10) el cual puede ser o no activado con luz o calor (15). Sus efectos respecto al domiciliario son más rápidos (16-18). Con esta técnica de blanqueamiento dental existen dos tipos de procedimientos, el que utiliza fuentes de luz dentro del procedimiento o el que omite el uso de esta fuente de luz, ante la evolución de láseres y lámparas Leds (19). Se emplea en grupos pequeños de dientes, en ambas arcadas simultáneamente y en dientes vitales o no vitales (12). Esta técnica puede combinarse con la técnica de blanqueamiento domiciliario.

#### **4.2.6 Proceso de activación**

La activación de los peróxidos puede llevarse a cabo con catalizadores en forma química, calor, luz u ondas sónicas por su interacción con el oxígeno. La mayoría de los sistemas actuales de blanqueamiento en consulta se basan en la combinación de un agente blanqueante con una fuente de luz y/o calor (procedimiento que se denomina “power bleaching” (20), no obstante el calor no es recomendable en vista que puede producir daños irreversibles de la pulpa (21).

##### **4.2.6.1 Técnicas termo activadas**

En éstas, el incremento de los radicales de hidróxidos se presenta como resultado del aumento de temperatura (22). En dicho proceso, cuando la luz se aplica sobre el gel de blanqueamiento, una pequeña fracción es absorbida y esta energía se convierte en calor que genera un aumento de la permeabilidad del diente al peróxido, favoreciendo su eficacia (23).

Esta técnica comenzó a principios del año 1980, con la utilización de lámparas y espátulas calientes, cuyo objetivo era acelerar la descomposición del peróxido de hidrógeno (19). El incremento en la temperatura acelera las reacción química en el gel de blanqueamiento (20), y dicho incremento puede ser propiciado por fuentes lumínicas debido a su amplia longitud de onda (20) pero este efecto se reduce en la superficie dental hasta en 87 a 96 %, debido a la presentación en gel del material blanqueante que actúa como una capa de aislamiento. Además, este gel tiene grandes cantidades de agua, la evaporación de este componente produce un efecto de frío sobre la superficie del diente (23).

Diversos estudios han demostrado que por cada 10°C que se incrementa la temperatura, la velocidad de descomposición del peróxido de hidrógeno aumenta 2,2-2,5 veces. Además, al subir la temperatura, crece la difusión del peróxido en el esmalte y la dentina, lo que incrementa el efecto blanqueante.

El aumento de la velocidad de reacción se debe a la propiedad fisicoquímica de la termocatalisis. Estas técnicas están en desuso, debido a los efectos secundarios que producen, como por ejemplo reabsorciones externas.

#### **4.2.6.2 Técnica de fotoactivación**

En este caso se modifica la fuente y el gel se activa usando una lámpara de luz fría LED. Esto hace que comiencen a actuar sus propiedades y penetre en el esmalte para conseguir el efecto blanqueador. Los LEDs tienen la ventaja de promover reacciones fotoquímicas y un calentamiento selectivo y controlado solo del gel y no en todo el diente facilitando la descomposición del peróxido (24). La interacción de los LED y los láseres con los geles blanqueadores libera radicales de hidroxilo del PH a través de la fotólisis y acelera la conversión de PH en radicales libres que interactúan con moléculas cromogénicas, intensificando el proceso de blanqueamiento (25).

Esta técnica actúa por propiedades fisicoquímicas como la fotólisis y la cromógena.

En el proceso de fotólisis el incremento de los radicales hidroxilos provenientes del peróxido de hidrógeno ( $H_2O_2$ ) se produce a través de la activación directa del gel a través de la luz. La energía requerida para este proceso corresponde a una frecuencia de luz con una longitud de onda de 248 nm, lo que hace que su uso en la cavidad bucal sea difícil, si no imposible (23).

Por otro lado se ha considerado el hecho de que 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,  $SiO_2$  y  $TiO_2$ , 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 (24).

#### **4.2.7 Tipos de lámparas usadas para el blanqueamiento dental**

Algunos estudios publican importantes resultados al utilizar el peróxido de hidrógeno activado con luz (20), pero para que esto suceda la lámpara debe emitir energía suficiente para que interactúe con los componentes fotosensibles del gel de



blanqueamiento (21). Entre los diferentes tipos de lámparas que se pueden utilizar se encuentran la lámpara de luz halógena, de láser, de plasma y de diodo.

#### **4.2.7.1 Lámpara de luz halógena:**

Poseen un rango de longitud de onda necesario para activar el gel blanqueante, oscilando entre 400 y 500 nanómetros (nm). Su fuente de luz proviene de una bombilla halógena de 12 volts/ 75 watts, (filamento incandescente) cuya longitud de onda apropiada la produce un filtro especial (23) que reduce el paso de ondas térmicas a la pulpa al mínimo. Entre sus desventajas está la generación de radiación infrarroja durante la emisión de luz visible que es la que ejerce la función de activación. Otra desventaja es su filamento incandescente que hace que estas lámparas generen más calor.

#### **4.2.7.2 Láser**

De todos los sistemas láser con aplicación terapéutico-quirúrgica en Odontología sólo se usan los de argón y de diodo y se emplean para la fotoactivación de composites y/o agentes blanqueadores (26).

Los láser de argón tienen un rango de longitudes de onda de 488 a 514 nm y láser de diodo posee longitudes de onda de 790 nm a 980 mn (22). El láser presenta una longitud de onda constante que reduce el riesgo de generar posibles efectos secundarios como quemaduras asociados a diferentes longitudes de ondas como los rayos infrarrojos y de luz ultravioleta (26). Su principal efecto es el fototérmico (conversión de la energía lumínica en calor) que podría producir efectos nocivos intrapulpar por lo que se aconseja disminuir los tiempos de exposición (26).

Además, posee un efecto fotoquímico (cuando se irradia el agente blanqueante, la radiación láser puede ser absorbida por los colorantes de estos), que da lugar a moléculas inestables y reactivas y mejora así el proceso del blanqueamiento. Como fuente de energía en el blanqueamiento la gran ventaja del láser es su importante potencial catalítico respecto a las luces de polimerización (26).

Por su parte, el láser de diodo posee entre sus ventajas su tamaño (pequeño), el hecho que sea portátil y la flexibilidad de sus fibras ópticas. No obstante, es capaz de producir un incremento importante de la temperatura intrapulpar (26).

#### **4.2.7.3 Lámpara de arco de luz de plasma (PAC)**

Posee un ánodo de tungsteno y un cátodo en forma de tubo de cuarzo lleno de gas de xenón (gas noble inodoro, muy pesado e incoloro). Cuando la corriente pasa a través del xenón produce una luz blanca, pero a través de sus filtros emite un espectro de luz aproximadamente entre azul-verde que comprenden los 400nm-500nm necesarios para la activación del gel de blanqueamiento (27).

#### **4.2.7.4 Lámparas de luz emitida por diodos (LEDS):**

Producen energía lumínica a través de semiconductores que utilizan como fuente de iluminación V-LEDS (luminiscente) (*visible-light emitting diodes*). El uso de materiales semiconductores tiene la propiedad de polarizarse al ser atravesados por la corriente eléctrica emitiendo energía óptica en forma de luz visible azul o verde (fenómeno de electroluminiscencia). La emisión de energía se genera a partir de diodos simétricamente orientados que emiten una luz azul que varía entre 440 y 490 nm y no se produce calentamiento de filamentos, como sucede en las lámparas de halógeno. Estas lámparas no generan calor y por tanto no requieren de un sistema de ventilación (27).

Ahora bien, el LED, similarmente a la luz halógena emite una fuente de luz divergente y no coherente y además, cuando su luz es absorbida por los colorantes del gel blanqueante, que suelen ser naranjas o rojos, se convierte en calor, por lo que no se puede excluir totalmente el daño pulpar térmico (24).

Los LEDs tienen la ventaja de promover reacciones fotoquímicas y un calentamiento selectivo y controlado solo del gel y no en todo el diente facilitando la descomposición del peróxido. Ahora bien, el LED, similarmente a la luz halógena emite una fuente de luz divergente y no coherente y además, cuando su luz es absorbida por

los colorantes del gel blanqueante, que suelen ser naranjas o rojos, se convierte en calor, por lo que no se puede excluir totalmente el daño pulpar térmico (21).

Los LED se utilizan si el agente blanqueador tiene un tinte específico en la banda naranja que puede absorber la longitud de onda azul ( $\approx 470\text{nm}$ ); por lo que es imperativo establecer la interacción fotoquímica entre la luz incitadora y la color del agente blanqueador. Los geles deben tener su pico de absorción más cercano a la emisión de la longitud de onda de los LEDs para alcanzar la mejor interacción fotoquímica posible. Por lo tanto, cada longitud de onda interactúa mejor con su color complementario de gel. El color complementario de la luz verde es rojo; por tanto, el gel rojo es el que mejor absorbe la luz verde. Los Láser y los LED interactúan con el gel naranja y el infrarrojo (24).

En fin, tal como se ha expresado, la activación del agente químico implicado en la proceso de blanqueamiento puede ser acelerado por la luz o el calor al interactuar con los componentes fotosensibles que componen el agente blanqueante de dos maneras: por acción prototérmica por calentamiento o por acción fotoquímica, sin calor (24) con el gran desafío de controlar el calor en el proceso, porque el aumento de temperatura por encima de  $5,5\text{ C}$  puede estimular una reacción inflamatoria, causando dolor y degeneración pulpar (24).

En tal sentido, se han ido buscando alternativas con productos cuyo mecanismo de acción sea el fotoquímico, no obstante, los estudios arrojan que evitar la nocividad no depende solamente de la fotoactivación, sino que el problema obedece al tipo de fuente de luz utilizado, la capacidad de absorción de luz de los tejidos, el tiempo durante el cual se aplica esta fuente de luz, la concentración del producto blanqueante y su color y el espesor de la dentina. Así mismo, todos esos factores son responsables de la protección intrapulpar, al ser la pulpa el tejido dental que puede sufrir daños irreversibles por el incremento de la temperatura (21).

Respecto al tiempo de irradiación, mientras más se incrementa, mayor es la temperatura porque se produce una exposición superior del gel a la luz activante absorbe más luz y por tanto genera más calor. En cuanto al gel, como se indicó con anterioridad es capaz de amortizar el efecto calor hacia el diente al actuar como aislante disminuyendo el acrecentamiento de la temperatura intrapulpar.

Es también significativo el color del gel, debido a que dependiendo de las diferentes fuentes de luz cambian las longitudes de onda de emisión y la cresta de absorción. Si el gel es transparente refleja parte de la luz, de lo contrario absorbe más con una disminución de energía hacia el diente. Es decir, que el color opera como filtros selectivos, absorbiendo una o más longitudes de onda y reflejando otras. La combinación de colores recomendadas es: para los geles de color rojo, el color complementario de la luz que debe utilizarse es el verde; mientras que para los geles de color naranja, es el azul (26).

Dada la diversidad de fuentes de luz analizadas para esta investigación se eligió la fuente de luz producto de las lámparas de luz emitida por diodos (LED), las cuales se consideran más efectiva con menos efectos secundarios sobre los tejidos dentarios principalmente la pulpa (25), no obstante no se descarta completamente esta nocividad y esta es la preocupación constante de los diferentes estudios tanto en ensayos controlados aleatorizados, como en revisiones sistemáticas, los cuales han cuestionado los beneficios de la fotoactivación (28-31). Por tanto es importante incorporar el propósito de observar si hay diferencias de color al final del tratamiento entre el grupo fotoactivado y no, cuya efectividad se evaluó a través del espectrofotómetro.

#### **4.8 Espectrofotometría**

Es una de las técnicas experimentales más utilizadas para la detección específica de moléculas. Se caracteriza por su precisión, sensibilidad y su aplicabilidad a moléculas de distinta naturaleza (contaminantes, biomoléculas, etc.) y estado de agregación (sólido, líquido, gas). Por su parte el espectrofotómetro mide la energía lumínica reflejada de un objeto en intervalos de 1 a 25 nm a lo largo del espectro visible (32). El espectrofotómetro se ha utilizado para la evaluación del color de dientes que hayan recibido un blanqueamiento y ofrecen un aumento del 33% en la precisión y una coincidencia objetiva del color en un 93,3% de los casos (33) y se ha demostrado que proporciona resultados reproducibles midiendo pequeños cambios en el color de los dientes. Sin embargo, este enfoque tiene limitaciones al medir el color de los dientes, porque los dientes tienen superficies curvas y son translúcidos, los cuales pueden conducir a errores sistemáticos (34).

## 5. JUSTIFICACIÓN E HIPÓTESIS

### 5.1 Justificación

Las personas están cada vez más interesadas en mejorar su apariencia física, ya que se correlaciona con el éxito social y profesional. La estética dental tiene una gran demanda, lo que ha llevado al desarrollo de una variedad de tratamientos en este campo de la Odontología. Uno de estos es el blanqueamiento dental, que además es un tratamiento conservador y mínimamente invasivo. Por ello, los fabricantes proporcionan a los dentistas y pacientes, herramientas y técnicas de blanqueamiento dental de última generación que les permiten obtener resultados satisfactorios rápidamente.

Actualmente existen varios tipos de fotoactivación para el blanqueamiento dental. Dada la diversidad que existe en fuentes de luz, hemos elegido la led convencional, para estudiar si hay diferencias de color al final del tratamiento entre el grupo fotoactivado y no.

Después de hacer una lectura exhaustiva de los artículos, se ha observado que no han habido muchos autores que hayan comparado estas dos técnicas a lo largo de los últimos diez años. La literatura reciente se han enfocado más sobre cómo el agente blanqueador puede afectar la estructura del diente, si se producen cambios en el esmalte o si la temperatura intrapulpal aumenta utilizando los geles, como en los estudios de Wang y cols., Al-Karadaghi y cols., de Sousa Gomes Costa y cols (36-38).

Por lo tanto, debido a la escasez de estudios que avalen el avance de nuevos sistemas de fotoactivación, se considera necesario realizar nuevos estudios en esta área con el fin de mejorar el tratamiento de blanqueamiento dental y por tanto, se realizó este estudio piloto *In-vitro*, que estudió la eficacia del blanqueamiento dental comparando el procedimiento hecho con y sin luz Led.

## 5.2 Hipótesis

- $H_0$ : La hipótesis nula: No hay diferencia en el color obtenido entre el blanqueamiento realizado en clínica fotoactivado con luz LED y blanqueamiento en clínica sin el uso de luz . El blanqueamiento dental realizado en clínica con peróxido de hidrógeno consigue los mismos resultados de color y luminosidad independientemente de si se fotoactiva con luz LED o no se utiliza luz.
- $H_a$ : La hipótesis alternativa: En el proceso de blanqueamiento dental, la activación del peróxido de hidrógeno con luz LED, consigue unos mejores resultados de color respecto de cuando se realiza el procedimiento sin luz.

## **6. OBJETIVOS**

### **6.1 Objetivo principal**

Evaluar el efecto de la luz LED convencional como activador del peróxido de hidrógeno al 37%, aplicado sobre la superficie dental externa.

### **6.2 Objetivos secundarios**

- Comparar de la diferencia de color mediante el uso de la ecuación  $\Delta E$  entre el color inicial y la primera sesión de blanqueamiento
- Comparar de la diferencia de color mediante el uso de la ecuación  $\Delta E$  tras la primera sesión y el color final (segunda sesión de blanqueamiento)
- Comparar de la diferencia de color mediante el uso de la ecuación  $\Delta E$  entre el color inicial y el color final (segunda sesión de blanqueamiento)

## 7. MATERIALES Y MÉTODOS

### 7.1 Material

#### 7.1.1 Diseño del estudio

Se realizó un estudio piloto *In-Vitro* sobre dientes extraídos del sector anterior, provenientes de humanos adultos. Se utilizaron principalmente incisivos superiores centrales y laterales e incisivos inferiores centrales.

#### 7.1.2 Selección muestra

Los dientes que se seleccionaron para la muestra tenían que seguir criterios de inclusión y exclusión.

- Criterios de inclusión :

- Pacientes adultos
- Dientes definitivos de sector anterior
- Recién extraídos por motivos de ortodoncia o enfermedad periodontal
- Integridad de la corona

- Criterios de exclusión :

- Libre de caries
- Hipoplasia del esmalte
- Hipomineralización del esmalte
- Libre de anomalías en la superficie del esmalte, como grietas, fracturas
- Dientes con restauraciones
- Dientes con tratamiento endodóntico previo
- Dientes con opacidades
- Dientes temporales



### 7.1.3 Tamaño muestral

Para la selección de la muestra no fue realizado el cálculo del tamaño muestral, ya que se decidió llevar a cabo un estudio piloto sobre 20 dientes de sector anterior, extraídos. En cualquier caso para la selección de los Criterios de elegibilidad se siguieron las indicaciones realizadas en estudios anteriores.

### 7.1.4 Material empleado

- **Instrumental para la preparación del operador y de los dientes:**
  - Operador: Bata, guantes, bandeja, mascarilla, gafas de protección
  - Dientes: Aspirador y punta de aspirador, algodones, gasas
- **Instrumental para la limpieza de los dientes:** Curetas periodontales de tipo Gracey, (Hufredy), pasta abrasiva piedra Pómez, cepillo de profilaxis, contraángulo.
- **Solución para la conservación de los dientes:** Agua destilada, solución de Thymol al 0.5%.
- **Instrumental para seccionar los dientes:** Discos de diamante, contraángulo,
- **Instrumental para la tinción de los dientes:** Solución de Té Negro : 500 ml de Agua + 16 gr de Té.
- **Instrumental para la preparación de las bases y férulas:**
  - Base: Resina acrílica fotopolimerizable (Techno Tray)
  - Férulas: Maquina termovació, Planchas de 0,4 mm de grosor, Punch
- **Instrumental para blanqueamiento:** Jeringas con Agente blanqueador a base de peróxido de hidrógeno al 37% (Pola Office +), Lampara luz LED convencional de arco completo (Radii Xpert SDI)
- **Instrumental para la medición del color:** Espectrofotómetro (Vita Easy Shade)
- **Material informático:** Ordenador MacBook Pro, programa Excel versión 12.1 (7034.0.86), SPSS versión 26.0 (SPSS Statistics, IBM, Armonk, New York, USA).

## **7.2 Método**

### **7.2.1 Descripción procedimiento**

#### **- Preparación de los especímenes**

##### **A. Selección, conservación, limpieza y tinción**

Primero fueron examinados los dientes y se excluyeron aquellos que no cumplían los criterios anteriormente citados.

Antes de empezar el tratamiento, los dientes se almacenaron en un frasco que contenía una solución de agua destilada. Los especímenes fueron sometidos a una limpieza manual mediante el uso de Curetas periodontales de tipo Gracey (Hufredy®). Además se le realizó una profilaxis con el uso de cepillo para profilaxis para contraángulo a baja velocidad y pasta abrasiva piedra pómez.

Siguiendo lo que hicieron en el estudio como el de WANG y cols. (2013), Al-Karadaghi y cols. (2016) y Álvarez-Quinceno y cols. (2021), los especímenes fueron seccionados por la raíz, 2 mm por debajo de la línea amelo-cementaria (LAM), utilizando un disco de diamante para contraángulo baja velocidad; quedándonos solo con las coronas de cada diente seleccionado para este estudio (36,37,41).

Posteriormente, todos se sumergieron en una solución de Thymol al 0.5% hasta que se empezó el tratamiento de blanqueamiento (25,38,40,42).

Antes de iniciar el protocolo de blanqueamiento, fueron teñidos con una solución de té negro 500 ml de Agua + 16 gr de Té (10 sobres de Té Negro, Hacendado, España), siguiendo lo realizado en diferentes estudios como el de Costa y cols (2021), Gallinari y cols., (2019) y Grazioli y cols. (2018) (25,36,38,40,42,43,46).

El protocolo de tinción consistía en 4 ciclos : 18 horas de inmersión en té negro con 6 horas de secado a temperatura ambiente. Finalizados los 4 ciclos, los dientes fueron almacenados en agua destilada durante 7 días, para estabilizar el color (22,35,39). El agua destilada utilizada en nuestro estudio estaba compuesta por: Carboximetilcelulosa al 0,5 %, 0,290 g de NaCl, 0,085 g de CaCl<sub>2</sub>, 0,17 g de Na<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub>,

0,08 g de NH<sub>4</sub>Cl, 0,635 g de KCl, 0,080 g de NaSCN, 0,165 g de KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> y 0,1 g de urea en 500 ml de agua bidestilada a 37 °C (45).

#### **- Realización del blanqueamiento**

Los especímenes se prepararon para la realización del protocolo de blanqueamiento. Cada muestra se incrustó en un bloque de resina acrílica fotopolimerizable (Techno Tray), con la superficie vestibular expuesta (39,38,44).

Para que la medición del color fuera realizada siempre en la misma zona del diente, se confeccionaron férulas de posicionamiento utilizando planchas termoplásticas de 0,4 mm de grosor. En una máquina de termovació se posicionaron los bloques de resina acrílica con los dientes incorporados y se confeccionaron dichas planchas a medida. En la práctica clínica diaria, son máquinas que se utilizan en el sector dental para confeccionar férulas, placas base, cubetas individuales, coronas y puentes y aparatos de ortodoncia.

Con las férulas terminadas hay que realizar perforaciones que siempre queden alineadas con el centro de cada diente. Estos orificios se crearon utilizando un material conocido como Punch, como realizaron tales autores Silva Daltro y cols (2020) y Llena y cols (2017) (39,45).

Las muestras fueron divididas en dos grupos aleatoriamente (n=10). En los dos grupo se aplicó el agente blanqueador, pero en un grupo se realizó el protocolo de blanqueamiento sin aplicación de luz LED y en el otro con aplicación de luz LED.

El protocolo de blanqueamiento dental que hemos llevado a cabo es el siguiente: jeringas de Gel Blanqueador a base de Peróxido de Hidrógeno al 37%, de la casa comercial Pola Office +. Además en uno de los dos grupos se utiliza Luz Led convencional para fotoactivación, con características y marca para determinar. El protocolo ha sido planteado siguiendo las instrucciones de la casa comercial del agente blanqueador.

1. Primero fue determinado y registrado el color preoperatorio, mediante el uso de Espectrofotómetro (Vita EasyShade) y las férulas de posicionamiento explicadas anteriormente.

2. El siguiente paso fue limpiar los dientes con piedra pómez, utilizando un cepillo de profilaxis para turbina.
3. Se utilizó una boquilla como guía, para aplicar directamente una capa delgada de gel a todos los dientes que fueron sometidos al tratamiento. Comprobando las instrucciones de Pola Office+, se pretende poner una fina capa para evitar que el gel blanqueador se oscurezca.
4. La capa de agente blanqueador se dejó actuar sobre el diente por un periodo de tiempo de 8 minutos. Terminado el tiempo se retira el gel con punta aspiradora.
5. Entre cada una de las aplicaciones el agente blanqueador se retiró con una gasa humedecida, seguida de otra sin humedecer para secar suavemente la superficie del esmalte.
6. Se realizaron dos sesiones de blanqueamiento dental (la segunda sesión una semana después de la primera). En cada sesión se realizaron tres aplicaciones del agente blanqueador según lo descrito.
7. Finalizada la última aplicación, se succiona el gel para retirarlo por completo.
8. Al final de cada sesión, los dientes se enjuagaron con el agua de la jeringa de aire-agua durante 20 segundos y se almacenaron inmediatamente en el sustituto de saliva artificial. (36,38,42).

### **7.2.2 Recogida de datos**

En cada uno de los grupos experimentales se registró el color de los especímenes hidratados antes del tratamiento, después de realizar la primera sesión de blanqueamiento y después la segunda sesión, mediante el uso de un Espectrofotómetro, VITA EasyShade.

Cabe destacar que todas las mediciones incluidas en el presente estudio fueron realizadas por el mismo investigador (MM), quien previamente se sometió a un proceso de calibración para asegurar la fiabilidad y validez de los resultados. Además, el Espectrofotómetro se calibra por sí solo poniéndolo en su base de carga. Este

proceso consistió en la repetición de dos mediciones idénticas sobre un mismo diente, con el objetivo de verificar que se obtuvieron valores consistentes y se realizaron dos mediciones para cada diente sacando una media de la L, a\* y b\*.

Es importante mencionar que se recogió una hoja de protocolo por cada diente, en la cual se registraron los detalles de cada medición, incluyendo la fecha, el diente evaluado y los valores obtenidos. Todos los datos fueron almacenados en un archivo de Excel, con el propósito de facilitar su posterior análisis y procesamiento.

Con estas medidas, se busca garantizar la calidad y precisión de los resultados obtenidos, y asegurar que se cumplan los estándares de rigurosidad científica requeridos en este tipo de estudios.

El color se determinó empleando las coordenadas espaciales CIE L\*a\*b\*, midiendo siempre en la misma zona del diente. Esto se obtuvo gracias a la utilización de férulas, confeccionadas previamente, que se colocaron sobre cada espécimen. Cada lámina de plástico tenía una perforación que coincidía con el centro del diente donde habíamos puesto el agente blanqueador. Para determinar la  $\Delta E$  de los modelos, se utilizaron las variables L, a\* y b\*.

El sistema L\*a\*b\* organiza todos los colores existentes dentro de un espacio de color tridimensional. L\* representa el grado de luminosidad y va de 0 (negro) a 100 (blanco); a\* representa el eje verde-rojo mientras que b\* representa el eje azul-amarillo. La medición del color se realizó en la región media de cada espécimen. Los cambios de color después del blanqueamiento se expresaron como  $\Delta L^*$ ,  $\Delta a^*$ ,  $\Delta b^*$ . La diferencia de color de las muestras, en diferentes tiempos de tratamiento ( $\Delta E^*$ ) se calculó utilizando la siguiente fórmula (36) :

$$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}, \text{ donde } \Delta L^* = L_0 - L_1; \Delta a = a_0 - a_1; \Delta b = b_0 - b_1 \text{ (39).}$$

### Protocolo codificado de recogida de datos:

- Número de diente: (del 1 al 10)
- Grupo de estudio:
  - Fotoactivación, Grupo A
  - No fotoactivación, Grupo B

Nº diente	Grupo	L inicio	a inicio	b inicio	L S1	a S1	b S1	L final	a final	b final	ΔE inicio-S1	ΔE S1-final	ΔE inicio-final
1													
2													
3													

### 7.2.3 Análisis estadístico

**Análisis descriptivo:** se utilizó el programa de tratamiento de datos R Statistical Software (versión 4.3.0, R Core Team 2020, R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria). Para el análisis descriptivo se calcularon las medias, medianas, desviaciones estándares y los rangos mínimos y máximos, de cada uno de los grupos de estudio por separado.

**Análisis analítico o inferencial:** se realizaron los test estadísticos para relacionar la variable cuantitativa (CIEL\*a\*b\*) con la variable cualitativa del grupo de estudio (fotoactivado/no fotoactivado).

- ANOVA: fue utilizada esta técnica estadística porque los datos son medidas repetidas de un mismo sujeto.

- Test de normalidad de Shapiro-Wilk y Henze-Zirkler: se utilizaron como prueba de ajuste a la distribución normal de los parámetros continuos. Los resultados fueron de aceptación de la normalidad, por lo que el análisis estadístico se dirigió a la utilización de pruebas paramétricas.

- Corrección de Bonferroni: utilizadas para las comparaciones entre parejas.

Se consideró estadísticamente significativo  $p < 0,005$ .

## 8. RESULTADOS

### 8.1 DATOS DESCRIPTIVOS GENERALES DE LA MUESTRA

La muestra final estuvo compuesta por veinte dientes naturales extraídos seleccionados mediante criterios específicos de inclusión y exclusión. La muestra fue dividida en dos grupos, Grupo A y Grupo B, respectivamente. El Grupo A fue sometido al tratamiento de blanqueamiento mediante el uso de luz LED, mientras que en el Grupo B no fue utilizada. Los datos descriptivos se encuentran detallados en las tablas 3 y 4.

#### - GRUPO A

**Tabla 3. Valores descriptivos de la muestra en los distintas sesiones**

Sesiones	Muestra (n)	Media (M)	Desviación estándar (DE)	Mediana	Minímo	Maximo
$\Delta E$ inicio-S1	10	11.49160	2.647463	11.43335	7.4172	15.2770
$\Delta E$ S1- final	10	4.30494	1.608035	4.14815	1.9805	6.4751
$\Delta E$ inicio- final	10	15.00349	2.958601	14.55175	10.9953	20.7626

En el grupo A, tras la primera sesión de blanqueamiento se obtuvo una media de diferencia de color ( $\Delta E$ ) entre el inicio y la primera sesión de 11.49, mientras que entre la primera sesión y la segunda sesión la diferencia fue de 4.30 por lo que el efecto de la segunda sesión fue menor. Por último, la diferencia entre el color inicial y el color final (tras la segunda sesión de blanqueamiento) obtuvo una media de 15.00349.

- GRUPO B

**Tabla 4. Valores descriptivos de la muestra en los distintas sesiones**

Sesiones	Muestra (n)	Media (M)	Desviación estándar (DE)	Mediana	Minímo	Maximo
$\Delta E$ inicio-S1	10	10.05548	1.3638344	10.12420	7.9393	11.5973
$\Delta E$ S1- final	10	2.46600	0.9502417	2.47485	0.5788	3.6476
$\Delta E$ inicio- final	10	11.56994	1.4499938	11.64445	9.7710	14.2609

En el grupo B, la diferencia de color promedio ( $\Delta E$ ) entre el comienzo y después de la primera sesión de blanqueamiento fue de 10.05, pero la diferencia entre la primera y la segunda sesión fue significativamente menor (2.46), lo que indica que el efecto de la segunda sesión fue menos notable. En último lugar, la diferencia de color entre el color inicial y el color final (después de la segunda sesión de blanqueamiento) fue de 15.0349.

## 8.2 ESTADÍSTICAS INFERENCIALES

Según los objetivos de nuestro trabajo, los resultados obtenidos han sido los siguientes:

### - Evaluación del efecto de la luz LED convencional como activador del peróxido de hidrógeno al 37%, aplicado sobre la superficie dental externa

Tras estudiar los efectos del blanqueamiento entre el grupo A y B, evaluando de forma global los efectos de las diferentes sesiones, se obtuvo una diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,001$ ) en el color promedio entre grupos, observando los mejores resultados en el grupo de la fotoactivación con LED.



**- Comparativa de la diferencia de color mediante el uso de la ecuación  $\Delta E$  entre el color inicial y la primera sesión de blanqueamiento**

Por último, si estudiamos en ambos grupos, analizando el A y el B por separado, se puede apreciar diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,001$ ) al comparar la diferencia de color, mediante la ecuación  $\Delta E$ , del color obtenido en los diferentes especímenes al inicio del estudio y al final (tras dos sesiones de blanqueamiento).

**- Comparativa de la diferencia de color mediante el uso de la ecuación  $\Delta E$  tras la primera sesión y el color final (segunda sesión de blanqueamiento)**

Después de examinar los efectos del blanqueamiento tras la primera sesión y el color final (segunda sesión de blanqueamiento) del Grupo A, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los valores iniciales y los valores posteriores a la primera sesión de blanqueamiento ( $p < 0,001$ ). Se encontraron resultados similares en el grupo B al examinar los efectos del blanqueamiento durante las mismas sesiones (primera sesión y segunda sesión), obteniendo valores significativos ( $p < 0,001$ ).

**- Comparativa de la diferencia de color mediante el uso de la ecuación  $\Delta E$  entre el color inicial y el color final (segunda sesión de blanqueamiento)**

Por último, si estudiamos en ambos grupos, analizando el A y el B por separado, se puede apreciar diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,001$ ) al comparar la diferencia de color, mediante la ecuación  $\Delta E$ , del color obtenido en los diferentes especímenes al inicio del estudio y al final (tras dos sesiones de blanqueamiento).

## 9. DISCUSIÓN

En este ensayo *in vitro* se realizó un protocolo de blanqueamiento con la finalidad de comparar la efectividad entre el uso del peróxido de hidrogeno (PH) al 37 % solo o combinado con la aplicación de luz LED. Para proporcionar más información sobre los cambios de color de los dientes, se emplea el **Delta E**, el cual es una medida usada para expresar la *precisión de color* en el esmalte dental. También se puede ver expresado como  $\Delta E$  (precisamente  $\Delta$  es la letra griega Delta) o E (47).

El  $\Delta E$  basado en el espacio de color CIELab (CIE Commission Internationale de l'Éclairage) fue utilizado en este estudio y se calculó la media y desviación estándar de los cambios de color, se llevó a cabo tras las diferentes sesiones, siguiendo el protocolo establecido, basándonos en las recomendaciones de la casa comercial del agente blanqueador. De tal forma que se midió el color de manera objetiva al inicio y después de las 2 sesiones de blanqueamiento con 3 aplicaciones de 8 minutos cada una (47).  $\Delta E$  permite calcular la percepción del cambio de color producido tras la utilización de los protocolos de blanqueamiento explicados con anterioridad (47).

La escala del  $\Delta E$  es la siguiente: de 0 a 1, no es perceptible por el ojo humano; de 1 a 2, es perceptible bajo atenta observación o bajo un ojo entrenado, es decir, un profesional podría llegar a percibirlo; de 2 a 10, es perceptible de un vistazo; de 11 a 49, desviación fuerte del color, es decir, se pueden observar colores distintos a los reales; cuando el valor es 100, los colores son totalmente opuestos (47).

Para al análisis colorimétrico en el espacio tridimensional CIELab se utilizó la guía de colores Vita EasyShade y el espectrofotómetro, el cual es el instrumento adecuado para conocer una lectura de color libre de cualquier sesgo relacionado al operador y las condiciones de medición. La cuantificación numérica de la longitud de onda de la luz transmitida y reflejada hacia el instrumento elimina cualquier subjetividad humana en la medición de color (31).

En esta investigación se emplearon dos sesiones de blanqueamiento para comparar los dos grupos (Grupo A: PH al 37 % con la fuente de luz LED y Grupo B: PH al 37 %) y tres controles, (al inicio, tras la primera sesión de blanqueamiento y la segunda sesión), lo cual si se toma en cuenta la escala del  $\Delta E$ , puede ser percibido el cambio de color ocurrido, y teniendo en cuenta que quien está dirigiendo el

experimento posee un ojo experto o profesional (47). No obstante, Costa y cols (22), en la investigación publicada en el año 2021, para estandarizar los protocolos y comparar los grupos, utilizaron tres sesiones de blanqueamiento, en vista de que este período se utiliza en otras metodologías y es suficiente para promover el cambio de color. Esto fue corroborado en otras investigaciones evaluadas (48,49).

Respecto a la evaluación en el tiempo, en nuestra investigación se realizó cada siete días, porque este tiempo permite estabilizar el color después de la acción completa del protocolo de blanqueamiento y disminuye el  $\Delta L$ , debido a un proceso de rehidratación dental (46,50). De aquí, que en diferentes estudios, como el de Bouchalla y cols. (2007) y Silva Daltro y cols. (2022) se utilice este intervalo de tiempo (22,51).

Con relación al tiempo de exposición de la estructura dentaria al material blanqueador, en nuestro caso, el esmalte dental, se trabaja con ocho (8) minutos, no obstante en otros estudios como el de Wang y cols (36) en el año 2013, emplean un tiempo variable, con valores de 8 min, 10 min, 15 min y 20 min por tratamiento, encontrando que el cambio de color se hizo más evidente a medida que aumentaba el tiempo de decoloración con diferencias significativas con una  $p < 0.05$ , aunque es importante acotar que en esta investigación solo aplicaron la fuente de luz LED (36).

Martins y cols., en el año 2018, compararon la eficacia blanqueadora y la sensibilidad dental (TS) de un agente blanqueador de peróxido de hidrógeno al 38 % utilizado para blanqueamiento en consultorio, aplicado bajo diferentes protocolos de tiempo: una aplicación de 40 minutos o dos aplicaciones de 20 minutos (52). El uso de una aplicación de gel de agente blanqueador en el consultorio durante 40 minutos produjo el mismo grado de blanqueamiento que las dos aplicaciones de agente blanqueador de 20 minutos. Preferiblemente se debe aplicar lo primero porque una aplicación de 40 minutos no requiere utilizar tanto agente (52).

Por su parte, Martin y cols., en el año 2015, exponen que el tiempo clínico total requerido es de 135 minutos para 35 % PH y 90 minutos para 6 % PH + LED/láser, lo que destaca el 6 % PH + LED/láser como un enfoque de ahorro de tiempo (49). Aunque, Grazioli y cols. (46), consideran que la concentración por encima del nivel del 15 % no aumenta la eficacia del blanqueamiento y puede incrementar la posibilidad de alteración de la dureza del esmalte, la morfología superficial y la acidez del medio, es

decir, que estos autores consideran que los profesionales deben elegir geles menos concentrados, que estén alrededor del 15 % (46).

La acidez del medio es un factor importante en el protocolo de blanqueamiento, en vista que un pH alcalino parece estar asociado con un menor riesgo e intensidad de sensibilidad dental. Además, un pH inicial básico o neutro puede prevenir o minimizar el paso de PH a la cámara pulpar, disminuyendo consecuentemente el daño pulpar. Así mismo, desde un punto de vista teórico, mantener el pH ligeramente alcalino y estable también trae ventajas en términos de efectividad blanqueadora (46). Se sabe que la constante de disociación de PH (pKa) es de alrededor de 11,5,26 lo que significa que cuanto más cercano es el pH al pKa, mayor es la tasa de disociación de PH (53). De hecho, se detectó experimentalmente que la tasa de disociación de pH era 2,7 veces mayor en un pH de 9 que en una solución ácida (pH = 4,4). Sin embargo, esta mayor eficacia blanqueadora no se demostró en estudios que evaluaron geles blanqueadores con diferentes pH (53,54).

Ahora bien, en cuanto a los resultados del protocolo de blanqueamiento de nuestra investigación es rechazada la hipótesis nula que dice: *el blanqueamiento dental consigue los mismos resultados de color y luminosidad independientemente de si se fotoactiva con luz LED o no se utiliza luz*. Esto fue determinado usando la prueba de ANOVA y el resultado mostró diferencias estadísticamente significativas con un valor de  $p < 0,001$ .

Comparado con otros estudios de eficacia de los tratamientos de blanqueamiento, los ensayos clínicos o *in vitro* que empleen valores tan altos de PH (37 %), no son muy comunes, principalmente aquellos que han trabajado con un peróxido de hidrogeno al 37 % combinado con una fuente de luz LED. Es así como, el estudio de Bersezio y cols., en el año 2019, muestra que llevaron a cabo un protocolo de blanqueamiento clínico usando el PH al 37,5 %, pero solo, observándose tras la finalización del tratamiento, un  $\Delta E$  de 9,06 en el grupo de PH al 37,5 % al ser comparado con el uso de PH 6 % que resultó en un  $\Delta E$  de 5,69 %, aunque sin diferencias significativas (55). De manera similar, los estudios de Silva Daltro y cols. (51) y Gallinari y cols. (40), usaron PH al 35 %, pero siempre solos.

No obstante, Youssef y cols., en el año 2021, evaluaron clínicamente el efecto de la renovación del gel de peróxido de hidrógeno al 35 % en asociación con LED violeta (405-410nm) a través de un ensayo clínico controlado aleatorizado de boca dividida (56). El tratamiento consistió en 3 sesiones de decoloración de 15 min cada una, con un intervalo de 7 días entre ellas, utilizando peróxido de hidrógeno al 35 % combinado con irradiación LED violeta (56). El protocolo adoptado en dicho estudio alcanzó resultados satisfactorios en cuanto al cambio de color (56).

No se observaron diferencias estadísticas entre los grupos inmediatamente después del final del tratamiento y en el análisis de seguimiento para la evaluación del color tanto subjetiva como objetiva. Además, encontraron que no es necesario renovar el gel decolorante si se sigue el protocolo clínico de 3 sesiones de 15 min en dicho protocolo (56).

Por otro lado, Costa y cols., en su investigación sobre blanqueamiento y efectos microestructurales del peróxido de hidrógeno de baja concentración fotoactivado con sistema LED/láser en esmalte bovino, utiliza un valor alto de PH (35 %), pero cuando lo emplea combinado con la fotoactivación LED/láser baja el valor porcentual del PH a 6%, obteniendo un mejor resultado cuando emplea solo el PH al 35 %, con diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ) (48). Esto puede ser explicado, según Gallinari y cols., por el hecho de que al utilizar un valor tan alto de PH se produce una gran disponibilidad de peróxidos en el tejido dental que enmascara la acción de la luz violeta. Esta puede ser la razón de los resultados de nuestro estudio cuando el PH se utilizó combinado con la fotoactivación (40).

En esta misma línea, del uso de la asociación de la fuente de luz LED con valores bajos de PH (6 %) empleada en el estudio de Costa y cols., en el año 2021 reporta resultados estadísticamente significativos con una  $p < 0,05$  (22). La explicación de la positividad de este tipo de protocolos es producto de la emisión de fotones del LED violeta a una longitud de onda de 405 nm  $\pm$  15 nm que intensifica la difusión de los radicales libres sin causar daño molecular (28,57), incluso con la posibilidad de daño físico, la interacción es capaz de desestabilizar los dobles enlaces de carbono de los cromóforos y permitir su degradación (28,57).

De manera similar el estudio de Gallinari y cols., en el año 2019, muestra que el uso de LED violeta asociado al uso de peróxidos podría ser ventajoso, especialmente en concentraciones más bajas, ya que la fuente de luz proporciona un tratamiento de blanqueamiento más efectivo en un tiempo más corto, reduciendo así el número de sesiones clínicas necesarias y conduce a menos efectos adversos sobre la salud pulpar (40), esto último es corroborado por Silvia Daltro y cols., en el año 2022, quienes acotan que el uso de peróxidos de baja concentración es una ventaja, siendo menos agresivos con los tejidos expuestos, además de un menor costo, menor recurrencia de color a largo plazo y menos consultas clínicas (51).

Después de examinar los efectos del blanqueamiento tras la primera sesión y el color final (segunda sesión de blanqueamiento) del Grupo A, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los valores iniciales y los valores posteriores a la primera sesión de blanqueamiento ( $p < 0,001$ ). Se encontraron resultados similares en el grupo B al examinar los efectos del blanqueamiento durante las mismas sesiones (primera sesión y segunda sesión), obteniendo valores significativos ( $p < 0,001$ ).

De la misma manera, Fernandes y cols., al analizar los resultados entre los grupos creados en dicho estudio y que recibieron tratamiento con geles decolorantes con luz LED (PH al 7,5 %) o sin ella (PH al 37,5 %), muestran valores de cambio de color más altos en todos los intervalos de tiempo analizados, sin diferencias significativas entre ellos (43).

#### **- Resultados claves**

Resultados claves de esta investigación tanto en el análisis descriptivo como inferencial fueron bastante buenos al alcanzar valores estadísticos significativos con una  $p < 0,001$ . En cuanto al **análisis descriptivo** se observa que en el periodo entre el inicio y la primera aplicación del protocolo del grupo A, el  $\Delta E$  presenta una media (M) de 11,49160, la cual desciende a 4,30494 en la etapa entre la S1 y la sesión final y se incrementa hasta 15,00349 en la sesión inicio-final.

Respecto al grupo B, el valor de  $\Delta E$ , se comporta de manera similar que en Grupo A: entre el inicio y la S1, el valor de la media (M) es 10.05548, entre la S1 y el

final la media desciende a 2,46600 y vuelve a incrementarse en la etapa inicio-final (11,56994)

Estas variaciones de la media se deben en muchas ocasiones a la deshidratación que sufren los dientes durante el blanqueamiento que explicaría lo que sucede en la etapa inicio-primera sesión; tras esto se produce una rehidratación del diente que coincide con la etapa S1-final (58,59).

Esto se puede interpretar como un efecto rebote en el color de blanqueamiento obtenido en el momento inmediato post tratamiento provocando que las estructuras dentales se aprecien como más blanquecinas debido al aumento de la opacidad del esmalte (60).

Estos datos coinciden con los resultados obtenidos en diversos estudios en los que se describe este fenómeno destacando un aumento inmediato del valor  $L^*$ , correspondiente a la luminosidad del diente, y añadiendo que luego se pierde ligeramente durante el periodo de rehidratación (61,62). Además, se debe resaltar que dicha deshidratación es mayor cuando se utilizan las lámparas de fotoactivación por el calor que pueden emitir, de aquí, que en el grupo A las diferencias entre medias es mayor.

### ***Respecto a los resultados del análisis inferencial***

Tras estudiar los efectos del blanqueamiento entre el grupo A y B, evaluando de forma global los efectos de las diferentes sesiones, se ha obtenido una diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,001$ ).

Al comparar la diferencia de color entre la S1 y el color final (S2) usando la ecuación  $\Delta E$ , en el grupo A (gel aclarante + luz LED) y el grupo B (solo agente aclarante) se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los valores S1 y S2 de ambos grupos ( $p < 0,001$ ).

Esto puede ser explicado, según Gallinari y cols., por el hecho de que al utilizar un valor tan alto de PH se produce una gran disponibilidad de peróxidos en el tejido dental que enmascara la acción de la luz violeta (40).

### **- Limitaciones del estudio**

- A pesar de que se utilizaron férulas de posicionamiento con perforaciones para que el color fuera medido siempre en la misma zona del diente, hemos visto que al realizar dos mediciones sobre cada diente con el espectrofotómetro, el número variaba en algunas décimas
- La conservación de los dientes en saliva artificial es diferente al mantenimiento de los dientes en la saliva natural
- Los resultados obtenidos de un estudio con dientes ex-vivo, no resulta de la misma forma que los estudios realizados clínicamente, porque existen condiciones bucales que no se pueden replicar en un estudio fuera de la cavidad bucal.
- La muestra fue muy pequeña, por tanto no pudieron realizar comparaciones entre grupos y sesiones.

### **- Aplicaciones clínicas o futuras**

- Ampliar la muestra de dientes ex-vivo sobre los cuales trabajar.
- Aplicar este estudio de blanqueamiento al ámbito clínico y trabajar con pacientes.
- Realizar un estudio comparativo en el mismo paciente en un diseño a boca dividida.
- Los próximos estudios deben ser ensayos aleatorizados y controlados, también pueden ser doble ciego para obtener resultados totalmente confiables.
- Investigaciones con variadas concentraciones de peróxido de hidrógeno.
- Estudios con otros productos blanqueadores y a diferentes concentraciones.
- Investigaciones que evalúan otras variables como la sensibilidad dentaria.
- Estudios sobre blanqueamiento dental en los cuales se trabaje usando la activación sónica.



## 10. CONCLUSIÓN

### Conclusión principal

- El uso de luz LED convencional como activador del peróxido de hidrógeno al 37% en el blanqueamiento dental ha arrojado resultados prometedores. Al comparar los 2 grupos y evaluar las diferentes sesiones, se encontró una diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,001$ ) en el color promedio entre los grupos. El grupo que recibió tratamiento con luz LED mostró una mejora significativa en el blanqueamiento dental en comparación con el otro grupo. Estos hallazgos respaldan la eficacia de la luz LED convencional y sugieren que puede proporcionar mejores resultados en el cambio de color dental.

### Conclusiones secundarias

- El estudio comparativo utilizando la ecuación  $\Delta E$  para evaluar la diferencia de color entre el color inicial y la primera sesión de blanqueamiento, observó diferencias significativas en ambos grupos ( $p < 0,001$ ). En esta sesión, el resultado obtenido de la ecuación  $\Delta E$ , fue mayor comparando el  $\Delta E$  de la primera sesión con la final, por lo que la primera sesión obtiene unos resultados muy favorables.
- Se encontraron diferencias significativas ( $p < 0,001$ ) al analizar los efectos del blanqueamiento entre la primera y segunda sesión. Aunque los cambios de color entre las sesiones han sido más sutiles, el análisis estadístico demostró una diferencia real y significativa en el resultado final del blanqueamiento.
- Al considerar la diferencia de color entre el color inicial y el color final (segunda sesión de blanqueamiento) en ambos grupos de forma separada, se encontraron diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,001$ ). Se demostraron cambios de color significativos al final del tratamiento, por lo que la técnica estudiada dió unos resultados favorables.

## 11. BIBLIOGRAFÍA

1. de Villanueva A. Blanqueamiento dental. Nuevas opciones. *Offarm*.2009;28(3):40-5.
2. Tavera J. Blanqueamiento Dental - Historia del blanqueamiento de los Dientes [Internet]. Artículos Recomendados de Odontología. 2012. [2022]. Disponible en: [https://www.susmedicos.com/art\\_historia\\_blanqueamiento.htm](https://www.susmedicos.com/art_historia_blanqueamiento.htm)
3. Huayllucu E. Blanqueamiento de dientes vitales. *Rev. Act. Clin. Med.* 2012; 22:1130-34.
4. Bizhang M, Domin J, Danesh G, Zimmer S. Effectiveness of a new non-hydrogen peroxide bleaching agent after single use - a double-blind placebo-controlled short-term study. *J Appl Oral Sci*.2017;25(5):575-84.
5. Bersezio C, Batista O, Vildósola P, Martín J, Fernández E, Pablo A, Estay J, Corral C. Instrumentation for assessment of color in dentistry. *Revista Dental de Chile*. 2013; 104(3)
6. Joiner A, Luo W. Tooth colour and whiteness: A review. *Journal of Dentistry*. 1 de diciembre de 2017;67:S3-10.
7. Solís E. Aclaramiento dental: revisión de la literatura y presentación de un caso clínico. *Rev. ADM*. 2018; 75(1): 9-25.
8. Nocchi C. *Odontología Restauradora (Salud y estética)* [Internet]. Segunda Edición. Brasil: Ed. Médica Panamericana; 2008 [2022]. 568 p. Disponible en: <https://acortar.link/NPFPA8>
9. Brenna F. *Odontología Restauradora: Procedimientos Terapéuticos y Perspectivas de Futuro*. Primera ed. Elseiver, editor. España; 2010.
10. Greenwall L. *Técnicas de Blanqueamiento en Odontología Restauradora*. Primera ed. Ars médica, editor. Barcelona-España; 2002.
11. Fornaini C, Lagori G, Merigo E, Meleti M, Manfredi M, Guidotti R, Serraj A, Vescovi P. Analysis of shade, temperature and hydrogen peroxide concentration during dental bleaching: in vitro study with the KTP and diode lasers. *Lasers Med Sci*. 2013;28:1–6.

12. Moradas M. ¿Qué material y técnica seleccionamos a la hora de realizar un blanqueamiento dental y por qué? Av. En Odontoestomatol. 2017; 33(3): 103-112.
13. Giordano S. Usos y efectos del fosfato de calcio amorfo (FCA) en la odontología restauradora y preventiva. Acta odontol venez. 2010. Disponible en: <http://www.actaodontologica.com/ediciones/2010/3/art24.asp>
14. BOE-256. Nueva Normativa Europea. 2012. Sec.I:75039
15. Ausschill TM, Hellwig E, Schmidale S, Sculean A, Arweiler NB. Efficacy, side-effects and patients' acceptance of different bleaching techniques (OTC, in-office, at-home). Oper Dent. 2005 Jan.;30(2):156–163.
16. Bernardon JK, Ferrari P, Baratieri LN, Rauber GB. Comparison of treatment time versus patient satisfaction in at-home and in-office tooth bleaching therapy. J Prosthet Dent. 2015;114(6):826-30. doi: 10.1016/j.prosdent.2015.05.014
17. Geus JL, Wambier LM, Kossatz S, Loguercio AD, Reis A. At-home vs In-office bleaching: a systematic review and meta-analysis. Oper Dent. 2016;41(4):341-56. doi: 10.2341/15-287-LIT
18. Oliveira PHC, Oliveira LHC, Oliveira MRC, Moriyama C, de Paula E, de Vito Moraes AG, et al. In Vitro Evaluation of the Effectiveness of Dental Bleaching with Carbamide Peroxide and Violet Light. Photobiomodulation, Photomedicine, and Laser Surgery. 2021;39(8):535-43.
19. Marson FC, Sensi LG, Vieira LCC, Araújo E. Clinical evaluation of in-office dental bleaching treatments with and without the use of light-activation sources. Oper Dent. 2008;33(1):15–22.
20. Tavares M, Stultz J, Newman M, Smith V, Kent R, Carpino E, et al. Light augments tooth whitening with peroxide. J Am Dent Assoc. 2003;134(2):167–175.
21. Sulieman M, Addy M, Rees JS. Surface and intra-pulpal temperature rises during tooth bleaching: an in vitro study. Br Dent J. 2005 ;199(1):37–40; discussion 32.

22. Buchalla W, Attin T. External bleaching therapy with activation by heat, light or laser--a systematic review. *Dent Mater.* 2007;23(5):586–596.
23. Oteo C. Evaluación clínica de la efectividad de la acción de cuatro sistemas diferentes de fotoactivación con peróxido de hidrógeno. [Tesis de grado]. 2014. Universidad Complutense de Madrid. Disponible: [https://eprints.ucm.es/id/eprint/22597/1/Trabajo\\_Fin\\_de\\_Master\\_Carlos\\_Oteo.pdf](https://eprints.ucm.es/id/eprint/22597/1/Trabajo_Fin_de_Master_Carlos_Oteo.pdf)
24. Krishnan P, Anil S. Lasers, and their Applications in the Dental Practice. *Journal of Dentistry and Oral Sciences.* 2020; 7:936-943.
25. Costa J, Besegato J, Zaniboni J, Kuga M. LED/laser photoactivation enhances the whitening efficacy of low concentration hydrogen peroxide without microstructural enamel changes. *Photodiagnosis Photodyn Ther.* 2021; 36:102511.
26. De Moor RJG, Verheyen J, Diachuk A, Verheyen P, Meire MA, De Coster PJ, et al. Insight in the Chemistry of Laser-Activated Dental Bleaching. *The Scientific World Journal.* 2015; 2015:1-6.
27. Baroudi K, Hassan N. The effect of light-activation sources on tooth bleaching. *Niger Med J.* 2014;55(5):363.
28. Zanin F. Recent advances in dental bleaching with laser and LEDs. *Photomed Laser Surg.* 2016 ;34(4):135-6. doi: 10.1089/pho.2016.4111
29. He L, Shao M, Tan K, Xu X, Li J. The effects of light on bleaching and tooth sensitivity during in-office vital bleaching: a systematic review and meta analysis. *J Dent.* 2012;40(8):644-53. doi: 10.1016/j.jdent.2012.04.010
30. Maran B, Burey A, Paris T, Loguercio A, Reis A. In-office dental bleaching with light vs. without light: a systematic review and meta-analysis. *J Dent.* 2017;70(1):1-13. doi: 10.1016/j.jdent.2017.11.007
31. Alomari Q, El Daraa E. A randomized clinical trial of in office dental bleaching with or without light activation. *J Contemp Dent Pract.* 2010; 11: e17–e24

32. Chu S, Trushkowsky R, Paravina R. Dental color matching instruments and systems. Review of clinical and research aspects. *J Dent.* 2010;38 Suppl 2: e2-16.
33. Bersezio C, Oliveira Jr OB, Docencia L, Angel P, Estay J, Corral C. Instrumentación para el registro del color en odontología. *Rev Dent Chile.* 2014;105(1):8–12.
34. van der Burgt TP, ten Bosch JJ, Borsboom PC, Kortsmmit WJ. A comparison of new and conventional methods for quantification of tooth color. *J Prosthet Dent.* 1990 Feb;63(2):155-62. doi: 10.1016/0022-3913(90)90099-x.
35. Calatayud JO, Calatayud CO, Zaccagnini AO, Box M. Clinical efficacy of a bleaching system based on hydrogen peroxide with or without light activation. *Eur J Esthet Dent.* 2010; 5:216–224
36. Wang W, Zhu Y, Li J, Liao S, Ai H. Efficacy of cold light bleaching using different bleaching times and their effects on human enamel. *Dental Materials Journal.* 2013;32(5):761–6.
37. Al-Karadaghi T, Al-Saedi A, Al-Maliky MAMahmood AS. The effect of bleaching gel and (940 nm and 980 nm) diode lasers photoactivation on intrapulpal temperature and teeth whitening efficiency. *Australian Endodontic Journal.* 2016;42(3):112–8.
38. Costa J, Besegato J, Kuga M. Bleaching and microstructural effects of low concentration hydrogen peroxide photoactivated with LED/laser system on bovine enamel. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy.* 2021; 35:102352.
39. Silva T, Gomes S, Dias M, Lins-Filho P, da Silva C, Guimarães R. The influence of violet led light on tooth bleaching protocols: In vitro study of bleaching effectiveness. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy.* 2020; 32:1020-52.
40. Gallinari M, Fagundes T, da Silva L, de Almeida M, Barboza A, Briso A. A new approach for dental bleaching using violet light with or without the use of whitening gel: Study of Bleaching Effectiveness. *Operative Dentistry.* 2019;44(5):521–9.

41. Álvarez-Quiceno D, Rojas-Martínez P, Cruz-González A. Change of dental color and temperature through two bleaching agents boosted with light emitted by diodes. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2021;33(7):1010–6.
42. Costa J, Besegato J, Zaniboni J, Vitória M, Gelio M, Kuga M. Whitening efficacy of low concentration hydrogen peroxide photoactivated with blue or violet led. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*. 2022; 39:103028.
43. Fernandes B, Tanaka M, De Oliveira A, Scatolin R. Color stability of dental enamel bleached with violet led associated with or without low concentration peroxide gels. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*. 2021; 33:102101.
44. Ergin E, Ruya Yazici A, Kalender B, Usumez A, Ertan A, Gorucu J, et al. In vitro comparison of an ER: YAG laser-activated bleaching system with different light-activated bleaching systems for color change, surface roughness, and enamel bond strength. *Lasers in Medical Science*. 2018;33(9):1913–8.
45. Llena C, Forner L, Esteve I. Effect of hydrogen and carbamide peroxide in bleaching, enamel morphology, and mineral composition: In vitro study. *The Journal of Contemporary Dental Practice*. 2017;18(7):576–82.
46. Grazioli G, Valente L, Isolan C, Pinheiro H, Duarte C, Münchow E. Bleaching and enamel surface interactions resulting from the use of highly-concentrated bleaching gels. *Archives of Oral Biology*. 2018; 87:157–62.
47. Elamin HO, Abubakr NH, Ibrahim YE. Identifying the tooth shade in group of patients using Vita Easyshade. *Eur J Dent*. abril de 2015;09(02):213-7.
48. Trentino AC, Soares AF, Duarte MAH, Ishikiriyama SK, Mondelli RFL. Evaluation of pH Levels and Surface Roughness After Bleaching and Abrasion Tests of Eight Commercial Products. *Photomedicine and Laser Surgery*. julio de 2015;33(7):372-7.
49. Martín J, Vildósola P, Bersezio C, Herrera A, Bortolatto J, Saad JRC, et al. Effectiveness of 6% hydrogen peroxide concentration for tooth bleaching—A double-blind, randomized clinical trial. *Journal of Dentistry*. agosto de 2015;43(8):965-72.

50. Vildósola P, Vera F, Ramírez J, Rencoret J, Pretel H, Oliveira O, et al. Comparison of Effectiveness and Sensitivity Using Two In-Office Bleaching Protocols for a 6% Hydrogen Peroxide Gel in a Randomized Clinical Trial. *Operative Dentistry*. 1 de mayo de 2017;42(3):244-52.
51. Silva Daltro T, Gomes De Almeida S, Dias M, Lins-Filho P, Da Silva C, Guimarães R. The influence of violet LED light on tooth bleaching protocols: In vitro study of bleaching effectiveness. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*. diciembre de 2020; 32:102052.
52. Martins I, Onofre S, Franco N, Martins L, Montenegro A, Arana-Gordillo L, et al. Effectiveness of In-office Hydrogen Peroxide With Two Different Protocols: A Two-center Randomized Clinical Trial. *Operative Dentistry*. 1 de julio de 2018;43(4):353-61.
53. Kossatz S, Martins G, Loguercio A, Reis A. Tooth sensitivity and bleaching effectiveness associated with use of a calcium-containing in-office bleaching gel *Journal of the American Dental Association*. 2012; 143(12) 81-87.
54. Loguercio AD, Servat F, Stanislawczuk R, Mena-Serrano A, Rezende M, Prieto M, et al. Effect of acidity of in-office bleaching gels on tooth sensitivity and whitening: A twocenter double-blind randomized clinical trial *Clinical Oral Investigation*. 2017 Dec;21(9):2811-2818. doi: 10.1007/s00784-017-2083-5.
55. Meireles SS, Sousa JP, Lins RBE, Sampaio FC. Efficacy of whitening toothpaste containing blue covarine: A double-blind controlled randomized clinical trial. *J Esthet Restor Dent*. marzo de 2021;33(2):341-50.
56. Youssef SA, Cunha SR, Mayer-Santos E, Brito SA, De Freitas PM, Ramalho J, et al. Influence of 35% hydrogen peroxide gel renewal on color change during in-office dental photobleaching with violet LED: A split-mouth randomized controlled clinical trial. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*. diciembre de 2021;36:102509.
57. Rastelli A, Dias H, Carrera E, De Barros A, Dos Santos D, Panhóca V, et al. Violet LED with low concentration carbamide peroxide for dental bleaching: A case

- report. Photodiagnosis and Photodynamic Therapy. septiembre de 2018;23:270-2.
58. Carrasco LD, Guerisoli DMZ, Rocha MJA, Pécora JD, Fröner IC. Efficacy of intracoronal bleaching techniques with different light activation sources. *Int Endod J*. 2007 Mar.;40(3):204–208.
59. Kashima-Tanaka M, Tsujimoto Y, Kawamoto K, Senda N, Ito K, Yamazaki M. Generation of free radicals and/or active oxygen by light or laser irradiation of hydrogen peroxide or sodium hypochlorite. *J Endod*. 2003 Feb.;29(2):141–143.
60. Sulieman M. An overview of bleaching techniques: chemistry, safety and efficacy. *Periodontol 2000*. 2008; 48: 148–169.
61. Liang S, Sa Y, Sun L, Ma X, Wang Z, Xing W et al. Effect of halogen light irradiation on hydrogen peroxide bleaching: an in vitro study. *Australian Dental Journal*. 2012;57(3):277-283.
62. Monteiro RV, Monteiro S Jr, Caldeira de Andrada MA. Clinical evaluation of two in-office dental bleaching agents. *Am J Dent*. 2018 Oct;31(5):239-242.



## 12. Anexos

### - Anexo 1

Tabla de artículos similares

TÍTULO	Año	Nº muestra	CONSERVACIÓN	LIMPIEZA	SOLUCIÓN PARA TINCIÓN	TINCIÓN	BASE	GRUPOS	FÓRMULA CIELAB	PROTOCOLO BLANQUEAMIENTO	SESIONES BLANQUEAMIENTO
Efficacy of cold light bleaching using different bleaching times and their effects on human enamel	2013	50 premolares	sumergidos: cloruro de sodio al 0.9%	Con curetas	Solución : té 2g en 100 ml de agua destilada.  Después de 5 min, se filtró el té y se recuperó la solución.	24h T° ambiente en recipientes de plásticos con tapa roscada	Bloque de resina autopolimerizable con superficie seccionada hacia arriba	5 grupos. <b>A (control):</b> sumergidos en 100 ml agua destilada 1h  <b>B,C,D,E:</b> blanqueamiento con luz fría (8-10-15-20 min), tres veces	SI		

TÍTULO	Año	Nº muestra	CONSERVACIÓN	LIMPIEZA	SOLUCIÓN PARA TINCIÓN	TINCIÓN	BASE	GRUPOS	FÓRMULA CIELAB	PROTOCOLO BLANQUEAMIENTO	SESIONES BLANQUEAMIENTO
LED/ laser photoactivation enhances the whitening efficacy of low concentration hydrogen peroxide without microstructural enamel changes	2021	20 Incisivos	Solución de Thymol 0.5 a 4°	30s con lijas de carburo de silicio #600 #1200 #1500 #2500  Baño ultrasonico en agua destilada 5 min  Almacenamiento en agua destilada a 37° hasta tinción	Solución concentrada de tinte oscuro : 500 ml agua + 16 g tinte	18h de Inmersión, con 6h de secado a temperatura ambiente .  Fueron sometidos a 4 ciclos de este protocolo  Almacenamiento de 7 días en agua destilada x estabilización color	-	2 - 6% HP -6% HP + LED/ laser	SI	Grupo 1 : 30 minutos con intervalos de 7 días.  Grupo 2 : 30 minutos con un intervalo de 7 días.	grupo 1 : 3  Grupo 2 : 3  En cada sesión, el gel se fotoactivó durante 1 minuto con un intervalo de 1 minuto durante 15 ciclos utilizando LED viola

TÍTULO	Año	Nº muestra	CONSERVACIÓN	LIMPIEZA	SOLUCIÓN PARA TINCIÓN	TINCIÓN	BASE	GRUPOS	FÓRMULA CIELAB	PROTOCOLO BLANQUEAMIENTO	SESIONES BLANQUEAMIENTO
The effect of bleaching gel and (940 nm and 980 nm) diode lasers photoactivation on intrapulpal temperature and teeth whitening efficiency	2016	30 premolares inferiores	solución salina	sup. coronas pulidas con suspensión fina de piedra pómez utilizando una copa de profilaxis desechable unida a pieza de mano lenta	-	-	-	3 grupos según el dispositivo láser y el gel blanqueador	NO		

TÍTULO	Año	Nº muestra	CONSERVACIÓN	LIMPIEZA	SOLUCIÓN PARA TINCIÓN	TINCIÓN	BASE	GRUPOS	FÓRMULA CIELAB	PROTOCOLO BLANQUEAMIENTO	SESIONES BLANQUEAMIENTO
Bleaching and microstructural effects of low concentration hydrogen peroxide photoactivated with LED/laser system on bovine enamel	2021	20 incisivos bovinos	Thimol al 0.5 % a 4°C	1. Manual con lijas de carburo de silicio en granulación disminuida para 30s #600 #1200 #1500 #2500 2. Baño ultrasonico 5 min 3. Incubación a 37°C, sumergidos en agua destilada hasta tinción	Solución Tè oscuro: (500ml agua destilada + 16g tè oscuro)	Durante 18h, seguido de secado a T° ambiente durante 6h  Repeticion : 4 veces  Despuès se almacena ros en agua destilada a 37°C durante 7 días x estabilizar el color del diente	-	2 grupos :  6% HP + LED/laser  35% HP	SI	2 Agentes de blanqueamiento :  -35% HP grupo control  -6% HP + LED/laser  El agente blanqueador permaneció en contacto con el esmalte durante 30 minutos. Durante este período, se realizaron 15 irradiaciones de 1 minuto, seguidas de 1 minuto de intervalo utilizando un sistema LED/láser	3 sesiones con 7 días de intervalo entre cada una

TITULO	Año	N° muestra	CONSERVACIÓN	LIMPIEZA	SOLUCIÓN PARA TINCIÓN	TINCIÓN	BASE	GRUPOS	FÓRMULA CIELAB	PROTOCOLO BLANQUEAMIENTO	SESIONES BLANQUEAMIENTO
The influence of violet LED light on tooth bleaching protocol: In vitro study of bleaching effectiveness	2020	70 incisivos de bovinos	Solucion salina al 0.9% en refrigeración no excediendo un periodo de 6 meses + Antes del uso se desinfectaron por inmersión una solución de coralina al 0.5% x 7 días	Raspado manual  Profilaxis con pasta Pomez  + Lavado agua corriente	Solución de vino rojo	Tinción para 7 días	-	7 grupos	SI	grupos 5, 6 y 7, se utilizó el LED violet.	Dispositivo activado por 60 s, seguido de una pausa de 30 s, por veinte veces, totalizando 30 min de sesión clínica.  Se siguieron las instrucciones del fabricante

TITULO	Año	N° muestra	CONSERVACIÓN	LIMPIEZA	SOLUCIÓN PARA TINCIÓN	TINCIÓN	BASE	GRUPOS	FÓRMULA CIELAB	PROTOCOLO BLANQUEAMIENTO	SESIONES BLANQUEAMIENTO
A New Approach for Dental Bleaching Using Violet Light With or Without the Use of Whitenin g Gel: Study of Bleaching Effectiveness	2019	90 Incisivos bovinos	Después de limpieza :  solución salina fisiológica con timol al 0,1 % y se mantuvieron en un refrigerador a aproximadamente 48 °C hasta experimento	Curetas periodontales  + Profilaxis con piedra pómez y agua con cepillo Robinson, a bajas velocidades	Almacenar en tubos Eppendorf que contenían una infusión de 1 ml de té negro	Se monitoraron durante 6 días, con cambios diario de solución de infusión.  Después se almacenaron en agua destilada 6 días, + profilaxis con piedra pómez y agua	-	6 Grupo 1 y 4 control porque no se puso gel blanquador.	SI	<b>Grupo : 1-2-3</b> se mantuvieron dentro de una cámara oscura para evitar la irradiación de luz.  <b>Grupo : 4-5-6</b> luz violeta de una fuente de luz LED	7 ciclos en cada cambio del gel.  21 ciclos de irradiación al final de cada sesión  Cada ciclo : 1min de irradiación + 30s de descanso.  Al final de cada sesión de blanqueamiento, los dientes habían sufrido un total de 21 minutos de exposición a la luz.

TÍTULO	Año	Nº muestra	CONSERVACIÓN	LIMPIEZA	SOLUCIÓN PARA TINCIÓN	TINCIÓN	BASE	GRUPOS	FÓRMULA CIELAB	PROTOCOLO BLANQUEAMIENTO	SESIONES BLANQUEAMIENTO
Change of dental color and temperature through two bleaching agents boosted with light emitted by diodes	2021	40 terceros molares	0.5% Chloramine T 1 semana	Profilaxis con cepillo y pasta sin flúor en contrángulo x sup. VB	-	-	Cubos de acrílicos autopoli merizables, individuales	4. <b>PON:</b> pola office sin luz <b>POL:</b> pola office con luz <b>WHN:</b> whiteness HP sin luz <b>WHL:</b> whiteness HP con luz  Se almacenaron en sustituto de saliva artificial no comercial x 30 días +/-	SI	Se realizaron 4 hemisferios equidistantes en la superficie bucal x delimitar el área de aplicación del gel.  PON y POL: gel HP 35%, siguiendo instrucción, x 8 min  WHN - WHL : una sola aplic. de 40 min. Grupo con luz se irradia x 8 min	- PON: no luz - POL: si luz x 8 min Tot 3 aplic según protocolo fabricante.  Entre cada una se retiraba el agente con gasa humedecida, seguida de una para secar suavemente la superficie del esmalte. Al final de la sesión, los dientes se enjuagaron con agua de una jeringa de aire-agua durante 20 s y se almacenaron inmediatamente en el sustituto de saliva artificial

TÍTULO	Año	Nº muestra	CONSERVACIÓN	LIMPIEZA	SOLUCIÓN PARA TINCIÓN	TINCIÓN	BASE	GRUPOS	FÓRMULA CIELAB	PROTOCOLO BLANQUEAMIENTO	SESIONES BLANQUEAMIENTO
Whitening efficacy of low concentration hydrogen peroxide photoactivated with blue or violet LED	2022	30 incisivos bovinos	0.5 % Thymol a 4°	Baño ultrasónico en agua destilada 5 min. Se almacenaron en agua destilada a 37°C tinción	solución concentrada de té negro preparada con 500 ml de agua y 16 g de té (10 sobres)	4 ciclos de 18 h de inmersión con 6 h de secado a temperatura ambiente. Después muestras 1 semana en agua destilada para la estabilización color	-	3 - 35% HP - 15% HP + Blue LED - 15% HP + VioletLED	SI	35% HP: 2 ses en interv de 7 días, 30 min  15%HP+ Blue Led: 2 ses. en interv. 7 días, 30 min  15%HP+Violet Led: similar al anterior; fotoactivación x 1 min con intervalo de 1 min	

TÍTULO	Año	N° muestra	CONSERVACIÓN	LIMPIEZA	SOLUCIÓN PARA TINCIÓN	TINCIÓN	BASE	GRUPOS	FÓRMULA CIELAB	PROTOCOLO BLANQUEAMIENTO	SESIONES BLANQUEAMIENTO
Color Stability of Dental Enamel Bleached with Violet LED Associated with or Without Low Concentration Peroxide Gels	2020	90 fragmentos de incisivos	-	Manual con curetas periodontales y limpiados con agua desionizadas (desmineralizadas)	Tè negro: 100ml de agua + 1.6 g de tè	Sumergidos 6 días y el tè se reemplazó cada 24h.  Después profilaxis con piedra pómez + agua, se lavaron en agua desionizada 1min y secado con papel	-	6:  -NB : no bleaching  -VL: violet Led  -HP 7.%  -HP + VL  -CP 22%  -CP + VL	SI	Instrucciones de casa de blanqueamiento	Período tratamiento hasta los intervalos de tiempo de análisis (24h y 6 meses), especímenes almacenados en estufa a 37°C, con humedad relativa

TÍTULO	Año	N° muestra	CONSERVACIÓN	LIMPIEZA	SOLUCIÓN PARA TINCIÓN	TINCIÓN	BASE	GRUPOS	FÓRMULA CIELAB	PROTOCOLO BLANQUEAMIENTO	SESIONES BLANQUEAMIENTO
In vitro comparison of an Er:YAG laser-activated bleaching system with different light-activated bleaching systems for color change, surface roughness, and enamel bond strength	2018	51 incisivos centrales superiores	Solución de cloramina al 0,5 %				resina acrílica autopolimerizable	3  de acuerdo con diferentes sistemas de blanqueamiento de consultorio activados por luz	SI		

TITULO	Año	N° muestra	CONSERVACIÓN	LIMPIEZA	SOLUCIÓN PARA TINCIÓN	TINCIÓN	BASE	GRUPOS	FÓRMULA CIELAB	PROTOCOLO BLANQUEAMIENTO	SESIONES BLANQUEAMIENTO
Effect of Hydrogen and Carbamide Peroxide in Bleaching, Enamel Morphology, and Mineral	2017	20 Incisivos y Caninos	Thymol 0.1% 5 días  Durante todo el tratamiento se conservaron en saliva artificial	Limpia el cálculo pero no dice como	No descrito	No descrito	Férulas de posicionamiento utilizando una lámina de plástico adaptable al calor de 0,4 mm de grosor. Se realizaron perforaciones coincidiendo con el centro de cada espécimen, utilizando un punzón. Se registró el color de los especímenes hidratados antes T1° y 24h después, en cada uno de los grupos experimentales	Después de haber cortado las coronas 2mm bajo LAC: 2 (n=10). Cada diente fue dividido en dos mitades: control y experimental.  Primero conservado en saliva artificial.  Otro grupo dividido en 2 subgrupos: (HP 37.5% Pola Office +, CP 16% Pola Night)	Si	CP 16%: 5 µL del producto aplicados con pincel, y se mantuvieron en un ambiente húmedo. Tras estas muestras se lavaron con agua destilada.  HP 37.5%: mismo procedimiento	CP 16%: 2h para 7 días de tratamiento. Después de los 7 días se dividieron en 2 grupos: control en agua destilada x 24h y experimental, tratados 7 días más  HP 37.5%: 3 sesiones de 10 min. Después se dividieron en 2 grupos: control en agua destilada x 24h y experimental en saliva artificial 7 días, tras lo cual se realizó un 2° tratamiento que comprendía tres aplicaciones sucesivas de 10 minutos

TITULO	Año	N° muestra	CONSERVACIÓN	LIMPIEZA	SOLUCIÓN PARA TINCIÓN	TINCIÓN	BASE	GRUPOS	FÓRMULA CIELAB	PROTOCOLO BLANQUEAMIENTO	SESIONES BLANQUEAMIENTO
Bleaching and enamel surface interactions resulting from the use of highly-concentrated bleaching gels	2018	No dice cuantos.  Incisivos	Solución acuosa: Cloramina T al 0,5%  1 semana	No descrito.  Después de haber obtenido especímenes en forma de disco, de esmalte/dentina se pulieron utilizando papeles abrasivos de SiC (grano #600, #1200 y #1500) x estandarizar la superficie esmalte	solución estandarizada de café  12 g de café en 200 mL de agua destilada	5 minutos y filtrados en una cafetera, que se renovó diariamente durante 7 días.  Se lavaron y almacenaron en agua destilada a temperatura ambiente.	No descrito	4 (n=8) - Control negativo: no fueron blanqueados, pero irradiados con luz láser  - 3 grupos blanqueados utilizando una concentración distinta de H2O2	Si	Instrucciones de la casa blanqueadora	No descrito

## Tabla resultados

Número de diente	Grupo	L inicio	a inicio	b inicio	L S1	a S1	b S1	L final	a Final	b Final	ΔE inicio-s1	ΔE s1-final	ΔE inicio-final
1	A	67.45	3.065	31.4	74.25	1.4	28.95	76.2	0.85	22.8	7.4172	6.4751	12.4671
2	A	84.15	1.56	32.05	87.55	0.65	25.4	89.4	1.1	22.4	7.524	3.5532	10.9953
3	A	66.85	6.065	37.2	72.45	0.55	24.1	76.8	0.65	19.8	15.277	6.1174	20.7626
4	A	82.5	0.065	28.75	79.3	2.3	18.35	81.65	2.4	13.9	11.1083	5.0334	15.0565
5	A	65.35	3.045	33.2	72.25	1.3	22.7	76.2	2.2	18.05	12.6848	6.1673	18.6537
6	A	57.55	5.56	34.55	64.45	1.1	27.6	63.1	0.4	23.45	10.7612	4.4198	13.4402
7	A	72.7	3.02	31.9	78.55	0.05	23.6	80.1	0.9	20.15	10.5799	3.8765	14.047
8	A	70.85	3.525	31.55	78.35	0.95	19	80.25	1.05	18.45	14.8453	1.9805	16.3124
9	A	72.5	3.01	31.9	77.8	0.75	21.65	75.75	0.75	19.65	11.7584	2.864	12.8737
10	A	74.5	3.555	34.8	80.05	0.3	23.55	80.8	0.3	21.1	12.9599	2.5622	15.4264
MEDIAS											11.4916	4.30494	15.00349
1	B	71.4	2.05	31.5	75.9	0.7	25.1	74.8	1.15	22.2	7.9393	3.1341	9.9428
2	B	65.1	0.085	22.065	63.85	2.05	13.3	66.2	2.25	12.5	9.0691	2.4905	9.8685
3	B	71.35	4.525	36.35	76.25	0	26.9	76.55	0.55	25.4	11.5667	1.6256	12.7571
4	B	72.25	5.04	37.5	77.95	0.8	28.7	78.7	0.4	27.7	11.3096	1.7241	12.6163
5	B	75.3	1.065	29.7	79.65	1	22.95	83.05	1.15	23.75	8.0305	3.4961	9.771
6	B	67.75	6.545	42	74.7	1.9	36.35	73.35	1.2	33.65	10.0896	3.0988	11.3865
7	B	66.6	3.045	39.25	73.75	0.2	31.4	75.95	1.15	28.65	10.9927	3.6476	14.2609
8	B	69.15	3.055	32.05	69.85	0.2	22.7	71.8	0.85	21.35	9.8012	2.4592	11.2416
9	B	61.2	3.035	30	67.85	0.65	22.7	70.25	0.7	22.55	10.1588	2.4052	11.9523
10	B	73.55	4.085	37.2	79.95	0.3	28.3	79.7	0.15	27.8	11.5973	0.5788	11.9024
MEDIAS											10.05548	2.466	11.56994

## - Anexo 2

	It e	Recommendation	Page No.	Relevant text from manuscript
<b>Title and abstract</b>	1	(a) Indicate the study's design with a commonly used	1	
		(b) Provide in the abstract an informative and balanced summary of what was done and what was	3,4	
<b>Introduction</b>				
Background	2	Explain the scientific background and rationale for the	6-18	
Objectives	3	State specific objectives, including any prespecified	21	
<b>Methods</b>				
Study	4	Present key elements of study design early in the	22	
Setting	5	Describe the setting, locations, and relevant dates, including periods of recruitment, exposure, follow-up,		

Participants	6	(a) <i>Cohort study</i> —Give the eligibility criteria, and the sources and methods of selection of participants. Describe methods of follow-up <i>Case-control study</i> —Give the eligibility criteria, and the sources and methods of case ascertainment and control selection. Give the rationale for the choice of	
		(b) <i>Cohort study</i> —For matched studies, give matching criteria and number of exposed and unexposed <i>Case-control study</i> —For matched studies, give matching criteria and the number of controls per case	
Variables	7	Clearly define all outcomes, exposures, predictors, potential confounders, and effect modifiers. Give	
Data sources/	8*	For each variable of interest, give sources of data and details of methods of assessment (measurement).	
Bias	9	Describe any efforts to address potential sources of	
Study size	10	Explain how the study size was arrived at	23
Quantitative	11	Explain how quantitative variables were handled in the analyses. If applicable, describe which groupings were	
Statistical methods	12	(a) Describe all statistical methods, including those used	28
		(b) Describe any methods used to examine subgroups	28
		(c) Explain how missing data were addressed	
		(d) <i>Cohort study</i> —If applicable, explain how loss to follow-up was addressed <i>Case-control study</i> —If applicable, explain how	
		(e) Describe any sensitivity analyses	
<b>Results</b>			
Participants	13	(a) Report numbers of individuals at each stage of study	29
	*	—eg numbers potentially eligible, examined for	
		(b) Give reasons for non-participation at each stage	
		(c) Consider use of a flow diagram	
Descriptive data	14	(a) Give characteristics of study participants (eg demographic, clinical, social) and information on	29
	*	(b) Indicate number of participants with missing data for	
		(c) <i>Cohort study</i> —Summarise follow-up time (eg,	
Outcomes	15	<i>Cohort study</i> —Report numbers of outcome events or	30,31



e data	*	<i>Case-control study</i> —Report numbers in each exposure
		<i>Cross-sectional study</i> —Report numbers of outcome
Main results	16	(a) Give unadjusted estimates and, if applicable, confounder-adjusted estimates and their precision (eg, 95% confidence interval). Make clear which
		(b) Report category boundaries when continuous
		(c) If relevant, consider translating estimates of relative risk into absolute risk for a meaningful time period



**“Efectividad de la fotoactivación del peróxido de hidrógeno al 37% en el blanqueamiento dental: Estudio piloto *In-Vitro*”**

**Subtítulo: Estudio Piloto In-Vitro sobre la Efectividad de la Fotoactivación del Peróxido de Hidrógeno al 37% en el Blanqueamiento Dental"**

**Autores:**

**Matilde Mengoli 1, Arantxa Climent Gil 2**

1 Estudiante de 5º año de la carrera de Odontología en la Universidad Europea de Valencia, Valencia, España.

2 Profesor Facultad de Odontología, Universidad Europea de Valencia, Valencia, España

Correspondiente:

**Campus de Valencia**

Paseo de la Alameda, 7

46010 Valencia

universidadeuropea.com

## RESUMEN

**Introducción:** Actualmente existen varios tipos de protocolos de fotoactivación para blanqueamiento dental con resultados diversos. El objetivo principal fue evaluar el efecto de la luz LED convencional como activador del peróxido de hidrógeno al 37%, aplicado sobre la superficie dental externa.

**Materiales y métodos:** Se realizó un estudio piloto in vitro en el mes de Febrero-Marzo 2023 en la Universidad Europea de Valencia. Se seleccionaron 20 dientes y se dividieron en dos grupos, A (fotoactivado con luz LED) y B (no fotoactivado). Se realizaron dos sesiones de blanqueamiento dental con tres aplicaciones del agente blanqueador (Pola Office®, PH al 37,5%) en cada sesión. Además, para ver el cambio de color con la fórmula CIE L, a\* y b\*, se realizó la toma de color mediante el uso del espectrofotómetro: antes del blanqueamiento, tras la primera sesión y al final de la segunda sesión. Se calcularon los  $\Delta E$  y se realizó un análisis estadístico descriptivo e inferencial, con el test ANOVA, considerando estadísticamente significativo  $p < 0,05$ .

**Resultados:** Se mostraron diferencias de color ( $\Delta E$ ) estadísticamente significativas ( $p < 0,001$ ), entre las diferentes sesiones de blanqueamiento, en los dos grupos. Comparando ambos grupos de forma global, se obtuvo mejores resultados en el grupo A ( $p < 0,001$ ).

**Conclusión:** La fotoactivación con luz LED mostró una mejora significativa en el cambio de color dental. Estos hallazgos respaldan la eficacia de la luz LED convencional como activador del peróxido de hidrógeno y sugieren resultados superiores en el blanqueamiento dental.

### LISTADO DE PALABRAS CLAVES:

Blanqueamiento dental - Peróxido de hidrógeno al 37% - Cambio de color -  
Fotoactivación - Luz LED - Espectrofotómetro

## **Introducción**

La importancia de la estética dental no es nueva, ya desde años inmemorables los seres humanos han buscado hacerla posible a través de distintos métodos de acuerdo con su cultura, creencias y predisposición de la antigüedad hasta la actualidad (1,2), esto debido a que una sonrisa agradable es la mejor tarjeta de presentación (1).

El blanqueamiento dental es un tratamiento clínico con el propósito de aclarar la superficie dental usando diferentes sistemas, que a través de un proceso oxidativo perturba la absorción de luz o la reflexión de esta sobre la superficie del diente, aclarándola (3,4) y su eficacia clínica se basa en tres conceptos fundamentales: el agente blanqueante utilizado, el protocolo de tratamiento para realizar el blanqueamiento y la activación del agente blanqueador empleado. Para producir el blanqueamiento dental existen diferentes tipos de agentes blanqueadores; aquellos fundamentados en soluciones de peróxidos con peso molecular de 30 g/mol; el peróxido de hidrógeno (PH) en forma pura o como producto obtenido tras la disociación de otras sustancias blanqueadoras, como perborato de sodio y peróxido de carbamida (6) y el peróxido de carbamida (5), es el producto más utilizado, principalmente cuando se trata de la técnica de blanqueamiento vital realizada en el hogar. Los fabricantes proporcionan a los dentistas y pacientes, herramientas y técnicas de blanqueamiento dental de última generación que les permiten obtener resultados satisfactorios rápidamente.

Actualmente existen varios tipos de fotoactivación para el blanqueamiento dental. Dada la diversidad que existe en fuentes de luz, se eligió la led convencional, para estudiar si hay diferencias de color al final del tratamiento entre el grupo fotoactivado y no. Después de hacer una lectura exhaustiva de los artículos, se ha observado que no han habido muchos autores que hayan comparado estas dos técnicas a lo largo de los últimos diez años. En la literatura reciente se han enfocado más sobre cómo el agente blanqueador puede afectar la estructura del diente, si se producen cambios en el esmalte o si la temperatura intrapulpar aumenta utilizando los geles (8-10).

## **Materiales y métodos**

Se realizó un estudio piloto *In-Vitro* sobre dientes extraídos del sector anterior, provenientes de humanos adultos. Se utilizaron principalmente incisivos superiores centrales y laterales e incisivos inferiores centrales. Los dientes que se seleccionaron para la muestra tenían que seguir criterios de inclusión y exclusión.

- *Criterios de inclusión :*

- Pacientes adultos

- Dientes definitivos de sector anterior
- Recién extraídos por motivos de ortodoncia o enfermedad periodontal
- Integridad de la corona
- Criterios de exclusión :
  - Libre de caries
  - Hipoplasia del esmalte
  - Hipomineralización del esmalte
  - Libre de anomalías en la superficie del esmalte, como grietas, fracturas
  - Dientes con restauraciones
  - Dientes con tratamiento endodóntico previo
  - Dientes con opacidades
  - Dientes temporales
- *Preparación de los especímenes*

Primero fueron examinados los dientes y se excluyeron aquellos que no cumplían los criterios anteriormente citados.

Antes de empezar el tratamiento, los dientes se almacenaron en un frasco que contenía una solución de agua destilada. Los especímenes fueron sometidos a una limpieza manual mediante el uso de Curetas periodontales de tipo Gracey (Hufredy®). Además se le realizó una profilaxis con el uso de cepillo para profilaxis para contraángulo a baja velocidad y pasta abrasiva piedra pómez.

Siguiendo lo que hicieron en el estudio como el de WANG y cols. (2013), Al-Karadaghi y cols. (2016) y Álvarez-Quinceno y cols. (2021), los especímenes fueron seccionados por la raíz, 2 mm por debajo de la línea amelo-cementaria (LAM), utilizando un disco de diamante para contraángulo baja velocidad; quedándonos solo con las coronas de cada diente seleccionado para este estudio (8,9,13).

Posteriormente, todos se sumergieron en una solución de Thymol al 0.5% hasta que se empezó el tratamiento de blanqueamiento (7,10,12,14).

Antes de iniciar el protocolo de blanqueamiento, fueron teñidos con una solución de té negro 500 ml de Agua + 16 gr de Té (10 sobres de Té Negro, Hacendado, España), siguiendo lo realizado en diferentes estudios como el de Costa y cols (2021), Gallinari y cols., (2019) y Grazioli y cols. (2018) (7,8,10,12,14,15,18).

El protocolo de tinción consistía en 4 ciclos : 18 horas de inmersión en té negro con 6 horas de secado a temperatura ambiente. Finalizados los 4 ciclos, los dientes fueron almacenados en agua destilada durante 7 días, para estabilizar el color (7,11,23). El agua destilada utilizada en nuestro estudio estaba compuesta por:

Carboximetilcelulosa al 0,5 %, 0,290 g de NaCl, 0,085 g de CaCl<sub>2</sub>, 0,17 g de Na<sub>2</sub>PHO<sub>4</sub>, 0,08 g de NH<sub>4</sub>Cl, 0,635 g de KCl, 0,080 g de NaSCN, 0,165 g de KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> y 0,1 g de urea en 500 ml de agua bidestilada a 37 °C (17).

- *Realización del blanqueamiento*

Los especímenes se prepararon para la realización del protocolo de blanqueamiento. Cada muestra se incrustó en un bloque de resina acrílica fotopolimerizable (Techno Tray), con la superficie vestibular expuesta (10,11,16).

Para que la medición del color fuera realizada siempre en la misma zona del diente, se confeccionaron férulas de posicionamiento utilizando planchas termoplásticas de 0,4 mm de grosor. En una máquina de termovació se posicionaron los bloques de resina acrílica con los dientes incorporados y se confeccionaron dichas planchas a medida. En la práctica clínica diaria, son máquinas que se utilizan en el sector dental para confeccionar férulas, placas base, cubetas individuales, coronas y puentes y aparatos de ortodoncia. Con las férulas terminadas hay que realizar perforaciones que siempre queden alineadas con el centro de cada diente. Estos orificios se crearon utilizando un material conocido como Punch, como realizaron tales autores Silva Daltro y cols (2020) y Llena y cols (2017) (11,17).

Las muestras fueron divididas en dos grupos aleatoriamente (n=10). En los dos grupo se aplicó el agente blanqueador, pero en un grupo se realizó el protocolo de blanqueamiento sin aplicación de luz LED y en el otro con aplicación de luz LED.

El protocolo de blanqueamiento dental que hemos llevado a cabo es el siguiente: jeringas de Gel Blanqueador a base de Peróxido de Hidrógeno al 37%, de la casa comercial Pola Office +. Además en uno de los dos grupos se utiliza Luz Led convencional para fotoactivación, con características y marca para determinar. El protocolo ha sido planteado siguiendo las instrucciones de la casa comercial del agente blanqueador.

1. Primero fue determinado y registrado el color preoperatorio, mediante el uso de Espectrofotómetro (Vita EasyShade) y las férulas de posicionamiento explicadas anteriormente.
2. El siguiente paso fue limpiar los dientes con piedra pómez, utilizando un cepillo de profilaxis para turbina.
3. Se utilizó una boquilla como guía, para aplicar directamente una capa delgada de gel a todos los dientes que fueron sometidos al tratamiento. Comprobando las

instrucciones de Pola Office+, se pretende poner una fina capa para evitar que el gel blanqueador se oscurea.

4. La capa de agente blanqueador se dejó actuar sobre el diente por un periodo de tiempo de 8 minutos. Terminado el tiempo se retira el gel con punta aspiradora.
5. Entre cada una de las aplicaciones el agente blanqueador se retiró con una gasa humedecida, seguida de otra sin humedecer para secar suavemente la superficie del esmalte.
6. Se realizaron dos sesiones de blanqueamiento dental (la segunda sesión una semana después de la primera). En cada sesión se realizaron tres aplicaciones del agente blanqueador según lo descrito.
7. Finalizada la última aplicación, se succiona el gel para retirarlo por completo.
8. Al final de cada sesión, los dientes se enjuagaron con el agua de la jeringa de aire-agua durante 20 segundos y se almacenaron inmediatamente en el sustituto de saliva artificial. (8,10,14).

- *Recogida de datos*

En cada uno de los grupos experimentales se registró el color de los especímenes hidratados antes del tratamiento, después de realizar la primera sesión de blanqueamiento y después la segunda sesión, mediante el uso de un Espectrofotómetro, VITA EasyShade. Es importante mencionar que se recogió una hoja de protocolo por cada diente, en la cual se registraron los detalles de cada medición, incluyendo la fecha, el diente evaluado y los valores obtenidos. Todos los datos fueron almacenados en un archivo de Excel, con el propósito de facilitar su posterior análisis y procesamiento. Con estas medidas, se busca garantizar la calidad y precisión de los resultados obtenidos, y asegurar que se cumplan los estándares de rigurosidad científica requeridos en este tipo de estudios.

El color se determinó empleando las coordenadas espaciales CIEL\*a\*b\*, midiendo siempre en la misma zona del diente. Esto se obtuvo gracias a la utilización de férulas, confeccionadas previamente, que se colocaron sobre cada espécimen. Cada lámina de plástico tenía una perforación que coincidía con el centro del diente donde habíamos puesto el agente blanqueador. Para determinar la  $\Delta E$  de los modelos, se utilizaron las variables L, a\* y b\*.

## Resultados

En el grupo A, tras la primera sesión de blanqueamiento se obtuvo una media de diferencia de color ( $\Delta E$ ) entre el inicio y la primera sesión de 11.49, mientras que entre la primera sesión y la segunda sesión la diferencia fue de 4.30 por lo que el efecto de la segunda sesión fue menor. Por último, la diferencia entre el color inicial y el color final (tras la segunda sesión de blanqueamiento) obtuvo una media de 15.00349. En el grupo B, la diferencia de color promedio ( $\Delta E$ ) entre el comienzo y después de la primera sesión de blanqueamiento fue de 10.05, pero la diferencia entre la primera y la segunda sesión fue significativamente menor (2.18), lo que indica que el efecto de la segunda sesión fue menos notable. En último lugar, la diferencia de color entre el color inicial y el color final (después de la segunda sesión de blanqueamiento) fue de 15.0349.

### Analisis descriptivo : Grupo A

Sesiones	Muestra (n)	Media (M)	Desviación estándar (DE)	Mediana	Minímo	Maximo
$\Delta E$ inicio-S1	10	11.49160	2.647463	11.43335	7.4172	15.2770
$\Delta E$ S1- final	10	4.30494	1.608035	4.14815	1.9805	6.4751
$\Delta E$ inicio-final	10	15.00349	2.958601	14.55175	10.9953	20.7626

### Analisis descriptivo : Grupo B

Sesiones	Muestra (n)	Media (M)	Desviación estándar (DE)	Mediana	Minímo	Maximo
$\Delta E$ inicio-S1	10	10.05548	1.3638344	10.12420	7.9393	11.5973
$\Delta E$ S1- final	10	2.46600	0.9502417	2.47485	0.5788	3.6476
$\Delta E$ inicio-final	10	11.56994	1.4499938	11.64445	9.7710	14.2609



Según los objetivos de nuestro trabajo, los resultados obtenidos han sido los siguientes:

**- Evaluación del efecto de la luz LED convencional como activador del peróxido de hidrógeno al 37%, aplicado sobre la superficie dental externa**

Tras estudiar los efectos del blanqueamiento entre el grupo A y B, evaluando de forma global los efectos de las diferentes sesiones, se obtuvo una diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,001$ ) en el color promedio entre grupos, observando los mejores resultados en el grupo de la fotoactivación con LED.

**- Comparativa de la diferencia de color mediante el uso de la ecuación  $\Delta E$  entre el color inicial y la primera sesión de blanqueamiento**

Por último, si estudiamos en ambos grupos, analizando el A y el B por separado, se puede apreciar diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,001$ ) al comparar la diferencia de color, mediante la ecuación  $\Delta E$ , del color obtenido en los diferentes especímenes al inicio del estudio y al final (tras dos sesiones de blanqueamiento).

**- Comparativa de la diferencia de color mediante el uso de la ecuación  $\Delta E$  tras la primera sesión y el color final (segunda sesión de blanqueamiento)**

Después de examinar los efectos del blanqueamiento tras la primera sesión y el color final (segunda sesión de blanqueamiento) del Grupo A, se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los valores iniciales y los valores posteriores a la primera sesión de blanqueamiento ( $p < 0,001$ ). Se encontraron resultados similares en el grupo B al examinar los efectos del blanqueamiento durante las mismas sesiones (primera sesión y segunda sesión), obteniendo valores significativos ( $p < 0,001$ ).

**- Comparativa de la diferencia de color mediante el uso de la ecuación  $\Delta E$  entre el color inicial y el color final (segunda sesión de blanqueamiento)**

Por último, si estudiamos en ambos grupos, analizando el A y el B por separado, se puede apreciar diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,001$ ) al comparar la diferencia de color, mediante la ecuación  $\Delta E$ , del color obtenido en los diferentes especímenes al inicio del estudio y al final (tras dos sesiones de blanqueamiento).

## **Discusión**

En este ensayo in vitro se realizó un protocolo de blanqueamiento con la finalidad de comparar la efectividad entre el uso del peróxido de hidrógeno (PH) al 37 % solo o combinado con la aplicación de luz LED. El  $\Delta E$  basado en el espacio de color CIELab (CIE Commission Internationale de l'Éclairage) fue utilizado en este estudio y se

calculó la media y desviación estándar de los cambios de color, se llevó a cabo tras las diferentes sesiones, siguiendo el protocolo establecido, basándonos en las recomendaciones de la casa comercial del agente blanqueador.

En esta investigación se emplearon dos sesiones de blanqueamiento para comparar los dos grupos (Grupo A: PH al 37 % con la fuente de luz LED y Grupo B: PH al 37 %) y tres controles, (al inicio, tras la primera sesión de blanqueamiento y la segunda sesión), lo cual si se toma en cuenta la escala del  $\Delta E$ , puede ser percibido el cambio de color ocurrido, tomando en cuenta que quien está dirigiendo el experimento posee un ojo experto o profesional (19).

No obstante, Costa y cols (7), en la investigación publicada en el año 2021, para estandarizar los protocolos y comparar los grupos, utilizaron tres sesiones de blanqueamiento, en vista de que este período se utiliza en otras metodologías y es suficiente para promover el cambio de color.

Con relación al tiempo de exposición de la estructura dentaria al material blanqueador, en nuestro caso, el esmalte dental, se trabaja con ocho (8) minutos, no obstante en otros estudios como el de Wang y cols (8) en el año 2013, emplean un tiempo variable, con valores de 8 min, 10 min, 15 min y 20 min por tratamiento, encontrando que el cambio de color se hizo más evidente a medida que aumentaba el tiempo de decoloración con diferencias significativas con una  $p < 0.05$ , aunque es importante acotar que en esta investigación solo aplicaron la fuente de luz LED (8).

Martins y cols., en el año 2018, compararon la eficacia blanqueadora y la sensibilidad dental (TS) de un agente blanqueador de peróxido de hidrógeno al 38 % utilizado para blanqueamiento en consultorio, aplicado bajo diferentes protocolos de tiempo: una aplicación de 40 minutos o dos aplicaciones de 20 minutos (22).

Comparado con otros estudios de eficacia de los tratamientos de blanqueamiento, los ensayos clínicos o in vitro que empleen valores tan altos de PH (37 %), no son muy comunes, principalmente aquellos que han trabajado con un peróxido de hidrogeno al 37 % combinado con una fuente de luz LED.

Es así como, el estudio de Bersezio y cols, en el año 2019, muestra que llevaron a cabo un protocolo de blanqueamiento clínico usando el PH al 37,5 %, pero solo, observándose tras la finalización del tratamiento, un  $\Delta E$  de 9,06 en el grupo de PH al 37,5 % al ser comparado con el uso de PH 6 % que resultó en un  $\Delta E$  de 5,69 %, aunque sin diferencias significativas (55). Por otro lado, Costa y cols., en su investigación, blanqueamiento y efectos microestructurales del peróxido de hidrógeno de baja concentración fotoactivado con sistema LED/láser en esmalte bovino, utiliza un valor alto de PH (35 %), pero cuando lo emplea combinado con la fotoactivación LED/láser

baja el valor porcentual del PH a 6%, obteniendo un mejor resultado cuando emplea solo el PH al 35 %, con diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0.05$ ) (20).

En esta misma línea, del uso de la asociación de la fuente de luz LED con valores bajos de PH (6 %) empleada en el estudio de Costa y cols., en el año 2021 reporta resultados estadísticamente significativos con una  $p < 0,05$  (7).

De manera similar el estudio de Gallinari y cols., en el año 2019, muestra que el uso de LED violeta asociado al uso de peróxidos podría ser ventajoso, especialmente en concentraciones más bajas, ya que la fuente de luz proporciona un tratamiento de blanqueamiento más efectivo en un tiempo más corto, reduciendo así el número de sesiones clínicas necesarias y conduce a menos efectos adversos sobre la salud pulpar (12), esto último es corroborado por Silvia Daltro y cols., en el año 2022, quienes acotan que el uso de peróxidos de baja concentración es una ventaja, siendo menos agresivos con los tejidos expuestos, además de un menor costo, menor recurrencia de color a largo plazo y menos consultas clínicas (21).

Se encontraron resultados similares en el grupo B al examinar los efectos del blanqueamiento durante las mismas sesiones (primera sesión y segunda sesión), obteniendo valores significativos ( $p < 0,001$ ). De la misma manera, Fernandes y cols., al analizar los resultados entre los grupos creados en dicho estudio y que recibieron tratamiento con geles decolorantes con luz LED (PH al 7,5 %) o sin ella (PH al 37,5 %), muestran valores de cambio de color más altos en todos los intervalos de tiempo analizados, sin diferencias significativas entre ellos (15). Esto se puede interpretar como un efecto rebote en el color de blanqueamiento obtenido en el momento inmediato post tratamiento provocando que las estructuras dentales se aprecien como más blanquecinas debido al aumento de la opacidad del esmalte (60).

Tras estudiar los efectos del blanqueamiento entre el grupo A y B, evaluando de forma global los efectos de las diferentes sesiones, se ha obtenido una diferencia estadísticamente significativa ( $p < 0,001$ ). Al comparar la diferencia de color entre la S1 y el color final (S2) usando la ecuación  $\Delta E$ , en el grupo A (gel aclarante + luz LED) y el grupo B (solo agente aclarante) se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los valores S1 y S2 de ambos grupos ( $p < 0,001$ ). Esto puede ser explicado, según Gallinari y cols., por el hecho de que al utilizar un valor tan alto de PH se produce una gran disponibilidad de peróxidos en el tejido dental que enmascara la acción de la luz violeta (12).

## **Bibliografía**

1. de Villanueva A. Blanqueamiento dental. Nuevas opciones. *Offarm*.2009;28(3):40-5.
2. Tavera J. Blanqueamiento Dental - Historia del blanqueamiento de los Dientes [Internet]. Artículos Recomendados de Odontología. 2012. [2022]. Disponible en: [https://www.susmedicos.com/art\\_historia\\_blanqueamiento.htm](https://www.susmedicos.com/art_historia_blanqueamiento.htm)
3. Huayllucu E. Blanqueamiento de dientes vitales. *Rev. Act. Clin. Med.* 2012; 22:1130-34.
4. Bizhang M, Domin J, Danesh G, Zimmer S. Effectiveness of a new non-hydrogen peroxide bleaching agent after single use - a double-blind placebo-controlled short-term study. *J Appl Oral Sci*.2017;25(5):575-84.
5. Joiner A, Luo W. Tooth colour and whiteness: A review. *Journal of Dentistry*. 1 de diciembre de 2017;67:S3-10.
6. Fornaini C, Lagori G, Merigo E, Meleti M, Manfredi M, Guidotti R, Serraj A, Vescovi P. Analysis of shade, temperature and hydrogen peroxide concentration during dental bleaching: in vitro study with the KTP and diode lasers. *Lasers Med Sci*. 2013;28:1–6.
7. Costa J, Besegato J, Zaniboni J, Kuga M. LED/laser photoactivation enhances the whitening efficacy of low concentration hydrogen peroxide without microstructural enamel changes. *Photodiagnosis Photodyn Ther*. 2021; 36:102511
8. Wang W, Zhu Y, Li J, Liao S, Ai H. Efficacy of cold light bleaching using different bleaching times and their effects on human enamel. *Dental Materials Journal*. 2013;32(5):761–6.
9. Al-Karadaghi T, Al-Saedi A, Al-Maliky MAMahmood AS. The effect of bleaching gel and (940 nm and 980 nm) diode lasers photoactivation on intrapulpal temperature and teeth whitening efficiency. *Australian Endodontic Journal*. 2016;42(3):112–8.
10. Costa J, Besegato J, Kuga M. Bleaching and microstructural effects of low concentration hydrogen peroxide photoactivated with LED/laser system on bovine enamel. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*. 2021; 35:102352.
11. Silva T, Gomes S, Dias M, Lins-Filho P, da Silva C, Guimarães R. The influence of violet led light on tooth bleaching protocols: In vitro study of bleaching effectiveness. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*. 2020; 32:1020-52.
12. Gallinari M, Fagundes T, da Silva L, de Almeida M, Barboza A, Briso A. A new approach for dental bleaching using violet light with or without the use of whitening gel: Study of Bleaching Effectiveness. *Operative Dentistry*. 2019;44(5):521–9.

- 13.Álvarez–Quiceno D, Rojas–Martínez P, Cruz–González A. Change of dental color and temperature through two bleaching agents boosted with light emitted by diodes. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2021;33(7):1010–6.
- 14.Costa J, Besegato J, Zaniboni J, Vitória M, Gelio M, Kuga M. Whitening efficacy of low concentration hydrogen peroxide photoactivated with blue or violet led. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*. 2022; 39:103028.
- 15.Fernandes B, Tanaka M, De Oliveira A, Scatolin R. Color stability of dental enamel bleached with violet led associated with or without low concentration peroxide gels. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*. 2021; 33:102101.
- 16.Ergin E, Ruya Yazici A, Kalender B, Usumez A, Ertan A, Gorucu J, et al. In vitro comparison of an ER: YAG laser-activated bleaching system with different light-activated bleaching systems for color change, surface roughness, and enamel bond strength. *Lasers in Medical Science*. 2018;33(9):1913–8.
- 17.Llena C, Forner L, Esteve I. Effect of hydrogen and carbamide peroxide in bleaching, enamel morphology, and mineral composition: In vitro study. *The Journal of Contemporary Dental Practice*. 2017;18(7):576–82.
- 18.Grazioli G, Valente L, Isolani C, Pinheiro H, Duarte C, Münchow E. Bleaching and enamel surface interactions resulting from the use of highly-concentrated bleaching gels. *Archives of Oral Biology*. 2018; 87:157–62.
- 19.Elamin HO, Abubakr NH, Ibrahim YE. Identifying the tooth shade in group of patients using Vita Easyshade. *Eur J Dent*. abril de 2015;09(02):213-7.
- 20.Trentino AC, Soares AF, Duarte MAH, Ishikiriyama SK, Mondelli RFL. Evaluation of pH Levels and Surface Roughness After Bleaching and Abrasion Tests of Eight Commercial Products. *Photomedicine and Laser Surgery*. julio de 2015;33(7):372-7.
- 21.Silva Daltro T, Gomes De Almeida S, Dias M, Lins-Filho P, Da Silva C, Guimarães R. The influence of violet LED light on tooth bleaching protocols: In vitro study of bleaching effectiveness. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*. diciembre de 2020; 32:102052.
- 22.Martins I, Onofre S, Franco N, Martins L, Montenegro A, Arana-Gordillo L, et al. Effectiveness of In-office Hydrogen Peroxide With Two Different Protocols: A Two-center Rando
- 23.Calatayud JO, Calatayud CO, Zaccagnini AO, Box M. Clinical efficacy of a bleaching system based on hydrogen peroxide with or without light activation. *Eur J Esthet Dent*. 2010; 5:216–224

**"Effectiveness of 37% hydrogen peroxide photoactivation  
in tooth whitening:  
In-Vitro pilot study".**

**Subtitle: In-Vitro Pilot Study on the Effectiveness of the Photoactivation of 37%  
Hydrogen Peroxide in Dental Whitening"**

**Authors:**

**Matilde Mengoli 1, Arantxa Climent Gil 2**

1 5th year student of the Dentistry degree at the European University of Valencia,  
Valencia, Spain.

2 Professor Faculty of Dentistry, European University of Valencia, Valencia, Spain

Correspondence:

**Campus de Valencia**

Paseo de la Alameda, 7  
46010 Valencia

universidadeuropea.com

## Abstract

**Introduction:** There are currently several types of photoactivation protocols for tooth whitening with varying results. The main objective was to evaluate the effect of conventional LED light as an activator of 37% hydrogen peroxide, applied to the external tooth surface.

**Materials and methods:** An in vitro pilot study was carried out in February-March 2023 at the European University of Valencia. Twenty teeth were selected and divided into two groups, A (photoactivated with LED light) and B (not photoactivated). Two tooth whitening sessions were carried out with three applications of the whitening agent (Pola Office®, PH 37.5%) in each session. In addition, to see the colour change with the CIE L, a\* and b\* formula, the colour was measured using a spectrophotometer: before bleaching, after the first session and at the end of the second session. The  $\Delta E$  were calculated and a descriptive and inferential statistical analysis was carried out with the ANOVA test, considering  $p < 0.05$  statistically significant.

**Results:** Statistically significant differences in colour ( $\Delta E$ ) were found ( $p < 0.001$ ) between the two groups after the different bleaching sessions. Comparing both groups overall, better results were obtained in group A ( $p < 0.001$ ).

**Conclusion:** Photoactivation with LED light showed a significant improvement in tooth colour change. These findings support the efficacy of conventional LED light as an activator of hydrogen peroxide and suggest superior results in tooth whitening.

### LIST OF KEYWORDS:

Tooth whitening - 37% hydrogen peroxide - Colour change - Photoactivation - LED light - Spectrophotometer - LED light - Colour change - LED light - LED light - Spectrophotometer

## **Introduction**

The importance of dental aesthetics is not new, since time immemorial human beings have sought to make it possible through different methods according to their culture, beliefs and predisposition from ancient times to the present day (1,2), because a pleasant smile is the best calling card (1).

Tooth whitening is a clinical treatment with the purpose of lightening the tooth surface using different systems, which through an oxidative process disturbs the absorption of light or its reflection on the tooth surface, lightening it (3,4) and its clinical efficacy is based on three fundamental concepts: the whitening agent used, the treatment protocol for whitening and the activation of the whitening agent used. There are different types of whitening agents for tooth whitening; those based on peroxide solutions with a molecular weight of 30 g/mol; hydrogen peroxide (HP) in pure form or as a product obtained after the dissociation of other whitening substances, such as sodium perborate and carbamide peroxide (6) and carbamide peroxide (5), is the most widely used product, mainly when it comes to the vital whitening technique carried out at home. Manufacturers provide dentists and patients with state-of-the-art tooth whitening tools and techniques that enable them to obtain satisfactory results quickly.

There are currently several types of photoactivation for tooth whitening. Given the diversity that exists in light sources, conventional LED was chosen to study whether there are differences in colour at the end of the treatment between the photoactivated and non-photoactivated group. After an exhaustive reading of the articles, it has been observed that there have not been many authors who have compared these two techniques over the last ten years. Recent literature has focused more on how the bleaching agent may affect the tooth structure, whether enamel changes occur or whether the intrapulp temperature increases using the gels (8-10).

## **Materials and method**

A pilot In-Vitro study was carried out on extracted anterior teeth from adult humans. Mainly upper central and lateral incisors and lower central incisors were used. The teeth selected for the sample had to follow inclusion and exclusion criteria.

Inclusion criteria :

- Adult patients
- Permanent anterior teeth
- Newly extracted for orthodontic reasons or periodontal disease
- Crown integrity



Exclusion criteria :

- Free of caries
- Enamel hypoplasia
- Hypomineralisation of enamel
- Free of anomalies on the enamel surface, such as cracks, fractures, etc.
- Teeth with restorations
- Teeth with previous endodontic treatment
- teeth with opacities
- Temporary teeth
- Specimen preparation

The teeth were first examined and those that did not meet the above criteria were excluded.

Prior to treatment, the teeth were stored in a jar containing a distilled water solution. The specimens were subjected to manual cleaning using Gracey type periodontal curettes (Hufredy®). In addition, prophylaxis was carried out with the use of a contra-angle prophylaxis brush at low speed and pumice abrasive paste.

Following studies such as WANG et al. (2013), Al-Karadaghi et al. (2016) and Álvarez-Quinceno et al. (2021), the specimens were sectioned at the root, 2 mm below the cementum amyloidum line (CAM), using a low-speed contra-angle diamond disc, leaving only the crowns of each tooth selected for this study (8,9,13).

Subsequently, all were immersed in a 0.5% Thymol solution until the bleaching treatment was started (7,10,12,14).

Before starting the bleaching protocol, they were stained with a black tea solution 500 ml of Water + 16 g of Tea (10 sachets of Black Tea, Hacendado, Spain), following what was done in different studies such as Costa et al. (2021), Gallinari et al., (2019) and Grazioli et al. (2018) (7,8,10,12,14,15,18).

The staining protocol consisted of 4 cycles : 18 hours of immersion in black tea with 6 hours of drying at room temperature. At the end of the 4 cycles, the teeth were stored in distilled water for 7 days to stabilise the colour (7,11,23). The distilled water used in our study was composed of: 0.5 % carboxymethyl cellulose, 0.290 g NaCl, 0.085 g CaCl<sub>2</sub>, 0.17 g Na<sub>2</sub>PHO<sub>4</sub>, 0.08 g NH<sub>4</sub>Cl, 0.635 g KCl, 0.080 g NaSCN, 0.165 g KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub> and 0.1 g urea in 500 ml of double distilled water at 37 °C (17).

### ***Performance of bleaching***

Specimens were prepared for the bleaching protocol. Each specimen was embedded in a light-curing acrylic resin block (Techno Tray), with the vestibular surface exposed (10,11,16). To ensure that the shade measurement was always carried out in the same area of the tooth, positioning splints were made using 0.4 mm thick thermoplastic sheets. In a thermovacuum machine, the acrylic resin blocks were positioned with the teeth incorporated and the sheets were made to measure. In daily clinical practice, these machines are used in the dental sector to produce splints, base plates, individual trays, crowns and bridges and orthodontic appliances. With the finished splints, holes have to be drilled that are always aligned with the centre of each tooth. These holes were created using a material known as Punch, as performed by Silva Daltro et al (2020) and Llena et al (2017) (11,17).

The samples were randomly divided into two groups (n=10). In both groups the bleaching agent was applied, but in one group the bleaching protocol was performed without LED light application and in the other with LED light application.

The tooth whitening protocol we carried out was as follows: syringes of 37% hydrogen peroxide-based whitening gel from Pola Office +. In addition, one of the two groups used conventional LED light for photoactivation, with characteristics and brand to be determined. The protocol followed the instructions of the bleaching agent manufacturer.

First, the preoperative shade was determined and recorded using a Spectrophotometer (Vita EasyShade) and the positioning splints explained above. The next step was to clean the teeth with pumice using a turbine prophylaxis brush.

A nozzle was used as a guide to directly apply a thin layer of gel to all teeth that underwent treatment. According to the Pola Office+ instructions, a thin layer is intended to prevent the bleaching gel from darkening. The layer of bleaching agent was left to act on the tooth for a period of time of 8 minutes. At the end of this time, the gel is removed with a vacuum tip. Between each application, the bleaching agent was removed with a moistened gauze, followed by an unmoistened gauze to gently dry the enamel surface.

Two tooth whitening sessions were performed (the second session one week after the first). In each session, three applications of the bleaching agent were performed as described. After the last application, the gel was suctioned to remove it completely.

At the end of each session, the teeth were rinsed with water from the air-water syringe for 20 seconds and immediately stored in the artificial saliva substitute (8,10,14).

### ***Data collection***

In each of the experimental groups, the colour of the hydrated specimens was recorded before treatment, after the first bleaching session and after the second session, using a VITA EasyShade Spectrophotometer. It is important to mention that a protocol sheet was collected for each tooth, in which the details of each measurement were recorded, including the date, the tooth evaluated and the values obtained. All data were stored in an Excel file in order to facilitate further analysis and processing. The aim of these measurements is to guarantee the quality and precision of the results obtained, and to ensure that the standards of scientific rigour required in this type of study are met.

Colour was determined using the CIEL\*a\*b\* spatial coordinates, always measuring in the same area of the tooth. This was obtained through the use of pre-made splints, which were placed on each specimen. Each plastic sheet had a perforation that coincided with the centre of the tooth where we had placed the bleaching agent. To determine the  $\Delta E$  of the models, the variables L, a\* and b\* were used.

### **Results**

In group A, after the first bleaching session, the mean colour difference ( $\Delta E$ ) between the first session and the first session was 11.49, while between the first session and the second session the difference was 4.30, so the effect of the second session was smaller.

Finally, the difference between the initial colour and the final colour (after the second bleaching session) had a mean of 15.00349. In group B, the mean colour difference ( $\Delta E$ ) between the beginning and after the first bleaching session was 10.05, but the difference between the first and second session was significantly smaller (2.18), indicating that the effect of the second session was less noticeable. Finally, the colour difference between the initial colour and the final colour (after the second bleaching session) was 15.0349.

### Descriptive analysis: Group A

Session	sample (no)	Mean (M)	Standard deviation (SD)	Median	Minimum	Maximum
$\Delta E$ start-S1	10	11.49160	2.647463	11.43335	7.4172	15.2770
$\Delta E$ S1- final	10	4.30494	1.608035	4.14815	1.9805	6.4751
$\Delta E$ start- final	10	15.00349	2.958601	14.55175	10.9953	20.7626

### Descriptive analysis: Group B

Session	Sample (no)	Mean (M)	Standard deviation (SD)	Median	Minimum	Maximum
$\Delta E$ inicio-S1	10	10.05548	1.3638344	10.12420	7.9393	11.5973
$\Delta E$ S1- final	10	2.46600	0.9502417	2.47485	0.5788	3.6476
$\Delta E$ inicio- final	10	11.56994	1.4499938	11.64445	9.7710	14.2609

According to the objectives of our work, the results obtained were as follows:

**- Evaluation of the effect of conventional LED light as an activator of 37% hydrogen peroxide applied to the external tooth surface.**

After studying the effects of bleaching between groups A and B, evaluating the overall effects of the different sessions, a statistically significant difference was obtained

( $p < 0.001$ ) in the average colour between groups, with the best results being observed in the LED photoactivation group.

**- Comparison of the difference in colour using the  $\Delta E$  equation between the initial colour and the first bleaching session.**

Finally, if we study both groups, analysing A and B separately, statistically significant differences ( $p < 0.001$ ) can be seen when comparing the difference in colour, using the  $\Delta E$  equation, of the colour obtained in the different specimens at the beginning of the study and at the end (after two bleaching sessions).

**- Comparison of shade difference using the  $\Delta E$  equation after the first session and the final shade (second bleaching session)**

After examining the effects of bleaching after the first bleaching session and the final colour (second bleaching session) of Group A, statistically significant differences were found between the initial values and the values after the first bleaching session ( $p < 0.001$ ). Similar results were found in group B when examining the effects of bleaching during the same sessions (first session and second session), obtaining significant values ( $p < 0.001$ ).

**- Comparison of the difference in colour using the  $\Delta E$  equation between the initial colour and the final colour (second bleaching session).**

Finally, if we study both groups, analysing A and B separately, statistically significant differences ( $p < 0.001$ ) can be seen when comparing the difference in colour, using the  $\Delta E$  equation, of the colour obtained in the different specimens at the start of the study and at the end (after two bleaching sessions).

## **Discussion**

In this in vitro test, a bleaching protocol was performed in order to compare the effectiveness between the use of 37 % hydrogen peroxide (HP) alone or combined with the application of LED light. The  $\Delta E$  based on the CIELab colour space (CIE Commission Internationale de l'Eclairage) was used in this study and the mean and standard deviation of the colour changes were calculated, carried out after the different sessions, following the established protocol, based on the recommendations of the bleaching agent manufacturer.

In this research, two bleaching sessions were used to compare the two groups (Group A: PH at 37 % with the LED light source and Group B: PH at 37 %) and three controls (at the beginning, after the first bleaching session and the second session), which, if the  $\Delta E$  scale is taken into account, the colour change that occurred can be

perceived, taking into account that the person conducting the experiment has an expert or professional eye (19).

However, Costa et al (7), in the research published in 2021, in order to standardise the protocols and compare the groups, used three bleaching sessions, as this period is used in other methodologies and is sufficient to promote colour change.

In relation to the exposure time of the tooth structure to the bleaching material, in our case, dental enamel, we work with eight (8) minutes, however in other studies such as that of Wang et al (8) in 2013, they use a variable time, with values of 8 min, 10 min, 15 min and 20 min per treatment, finding that the change in colour became more evident as the bleaching time increased, with significant differences with a  $p < 0.05$ , although it is important to note that in this research they only applied the LED light source (8).

Martins et al. in 2018 compared the whitening efficacy and tooth sensitivity (TS) of a 38 % hydrogen peroxide whitening agent used for in-office bleaching, applied under different time protocols: one 40-minute application or two 20-minute applications (22). Compared to other studies on the efficacy of whitening treatments, clinical or in vitro trials using such high pH values (37 %) are not very common, mainly those that have worked with 37 % hydrogen peroxide combined with an LED light source.

Thus, the study by Bersezio et al. in 2019 shows that they carried out a clinical whitening protocol using 37.5 % PH, but alone, observing after the end of treatment a  $\Delta E$  of 9.06 in the 37.5 % PH group when compared with the use of 6 % PH, which resulted in a  $\Delta E$  of 5.69 %, although without significant differences (55). On the other hand, Costa et al. in their research, bleaching and microstructural effects of low concentration hydrogen peroxide photoactivated with LED/laser system on bovine enamel, used a high PH value (35 %), but when used in combination with LED/laser photoactivation, the percentage value of PH was lowered to 6 %, obtaining a better result when only 35 % PH was used, with a statistically significant difference ( $p < 0.05$ ) (20). Along the same lines, the use of the association of the LED light source with low PH values (6 %) used in the study by Costa et al. in 2021 reports statistically significant results with a  $p < 0.05$  (7).

Similarly, the study by Gallinari et al. in 2019 shows that the use of LED violet associated with the use of peroxides could be advantageous, especially at lower concentrations, as the light source provides a more effective bleaching treatment in a shorter time, thus reducing the number of clinical sessions needed and leading to fewer

adverse effects on pulp health (12), the latter is corroborated by Silvia Daltro et al, in 2022, who point out that the use of low concentration peroxides is an advantage, being less aggressive with exposed tissues, in addition to lower cost, lower long-term colour recurrence and fewer clinical consultations (21).

Similar results were found in group B when examining the effects of bleaching during the same sessions (first session and second session), obtaining significant values ( $p < 0.001$ ). Similarly, Fernandes et al, when analysing the results between the groups created in this study and which received treatment with bleaching gels with LED light (PH at 7.5 %) or without it (PH at 37.5 %), show higher colour change values in all the time intervals analysed, with no significant differences between them (15). This can be interpreted as a rebound effect on the whitening colour obtained in the immediate post-treatment period, causing the dental structures to appear whiter due to increased enamel opacity (60).

After studying the effects of whitening between group A and B, evaluating the overall effects of the different sessions, a statistically significant difference was obtained ( $p < 0.001$ ). When comparing the colour difference between S1 and the final colour (S2) using the  $\Delta E$  equation, in group A (lightening gel + LED light) and group B (lightening agent only), statistically significant differences were found between the S1 and S2 values of both groups ( $p < 0.001$ ). This can be explained, according to Gallinari et al. by the fact that using such a high pH value results in a high availability of peroxides in the dental tissue, which masks the action of the violet light (12).

## **Bibliography**

1. de Villanueva A. Blanqueamiento dental. Nuevas opciones. *Offarm*.2009;28(3):40-5.
2. Tavera J. Blanqueamiento Dental - Historia del blanqueamiento de los Dientes [Internet]. Artículos Recomendados de Odontología. 2012. [2022]. Disponible en: [https://www.susmedicos.com/art\\_historia\\_blanqueamiento.htm](https://www.susmedicos.com/art_historia_blanqueamiento.htm)
3. Huayllucu E. Blanqueamiento de dientes vitales. *Rev. Act. Clin. Med.* 2012; 22:1130-34.
4. Bizhang M, Domin J, Danesh G, Zimmer S. Effectiveness of a new non-hydrogen peroxide bleaching agent after single use - a double-blind placebo-controlled short-term study. *J Appl Oral Sci*.2017;25(5):575-84.
5. Joiner A, Luo W. Tooth colour and whiteness: A review. *Journal of Dentistry*. 1 de diciembre de 2017;67:S3-10.
6. Fornaini C, Lagori G, Merigo E, Meleti M, Manfredi M, Guidotti R, Serraj A, Vescovi P. Analysis of shade, temperature and hydrogen peroxide concentration during dental bleaching: in vitro study with the KTP and diode lasers. *Lasers Med Sci*. 2013;28:1–6.
7. Costa J, Besegato J, Zaniboni J, Kuga M. LED/laser photoactivation enhances the whitening efficacy of low concentration hydrogen peroxide without microstructural enamel changes. *Photodiagnosis Photodyn Ther*. 2021; 36:102511
8. Wang W, Zhu Y, Li J, Liao S, Ai H. Efficacy of cold light bleaching using different bleaching times and their effects on human enamel. *Dental Materials Journal*. 2013;32(5):761–6.
9. Al-Karadaghi T, Al-Saedi A, Al-Maliky MAMahmood AS. The effect of bleaching gel and (940 nm and 980 nm) diode lasers photoactivation on intrapulpal temperature and teeth whitening efficiency. *Australian Endodontic Journal*. 2016;42(3):112–8.
10. Costa J, Besegato J, Kuga M. Bleaching and microstructural effects of low concentration hydrogen peroxide photoactivated with LED/laser system on bovine enamel. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*. 2021; 35:102352.
11. Silva T, Gomes S, Dias M, Lins-Filho P, da Silva C, Guimarães R. The influence of violet led light on tooth bleaching protocols: In vitro study of bleaching effectiveness. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*. 2020; 32:1020-52.
12. Gallinari M, Fagundes T, da Silva L, de Almeida M, Barboza A, Briso A. A new approach for dental bleaching using violet light with or without the use of whitening gel: Study of Bleaching Effectiveness. *Operative Dentistry*. 2019;44(5):521–9.



- 13.Álvarez–Quiceno D, Rojas–Martínez P, Cruz–González A. Change of dental color and temperature through two bleaching agents boosted with light emitted by diodes. *Journal of Esthetic and Restorative Dentistry*. 2021;33(7):1010–6.
- 14.Costa J, Besegato J, Zaniboni J, Vitória M, Gelio M, Kuga M. Whitening efficacy of low concentration hydrogen peroxide photoactivated with blue or violet led. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*. 2022; 39:103028.
- 15.Fernandes B, Tanaka M, De Oliveira A, Scatolin R. Color stability of dental enamel bleached with violet led associated with or without low concentration peroxide gels. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*. 2021; 33:102101.
- 16.Ergin E, Ruya Yazici A, Kalender B, Usumez A, Ertan A, Gorucu J, et al. In vitro comparison of an ER: YAG laser-activated bleaching system with different light-activated bleaching systems for color change, surface roughness, and enamel bond strength. *Lasers in Medical Science*. 2018;33(9):1913–8.
- 17.Llena C, Forner L, Esteve I. Effect of hydrogen and carbamide peroxide in bleaching, enamel morphology, and mineral composition: In vitro study. *The Journal of Contemporary Dental Practice*. 2017;18(7):576–82.
- 18.Grazioli G, Valente L, Isolani C, Pinheiro H, Duarte C, Münchow E. Bleaching and enamel surface interactions resulting from the use of highly-concentrated bleaching gels. *Archives of Oral Biology*. 2018; 87:157–62.
- 19.Elamin HO, Abubakr NH, Ibrahim YE. Identifying the tooth shade in group of patients using Vita Easyshade. *Eur J Dent*. abril de 2015;09(02):213-7.
- 20.Trentino AC, Soares AF, Duarte MAH, Ishikiriyama SK, Mondelli RFL. Evaluation of pH Levels and Surface Roughness After Bleaching and Abrasion Tests of Eight Commercial Products. *Photomedicine and Laser Surgery*. julio de 2015;33(7):372-7.
- 21.Silva Daltro T, Gomes De Almeida S, Dias M, Lins-Filho P, Da Silva C, Guimarães R. The influence of violet LED light on tooth bleaching protocols: In vitro study of bleaching effectiveness. *Photodiagnosis and Photodynamic Therapy*. diciembre de 2020; 32:102052.
- 22.Martins I, Onofre S, Franco N, Martins L, Montenegro A, Arana-Gordillo L, et al. Effectiveness of In-office Hydrogen Peroxide With Two Different Protocols: A Two-center Rando
- 23.Calatayud JO, Calatayud CO, Zaccagnini AO, Box M. Clinical efficacy of a bleaching system based on hydrogen peroxide with or without light activation. *Eur J Esthet Dent*. 2010; 5:216–224