

Grado en ODONTOLOGÍA

Trabajo Fin de Grado

Curso 2023-24

**Uso de la luz LED como mecanismo de
activación del peróxido de hidrógeno al 37%
(Pola Office®) en el blanqueamiento dental:
estudio *in vitro***

Presentado por: Alessio Nichelatti

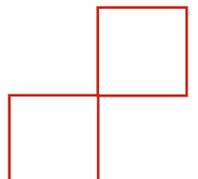
Tutora: Arantxa Climent Gil, DDs, Phd

Campus de Valencia

Paseo de la Alameda, 7

46010 Valencia

universidadeuropea.com



Agradecimientos

En este pequeño apartado me gustaría dedicar primero unas palabras a mis padres, gracias a los cuales he podido empezar y terminar esta carrera fuera de mi país, donde aprendí a madurar, crecer y adaptarme. Creo que un “gracias” no sea suficiente.

5 años en Valencia, mi segunda casa, que transcurrieron a momentos lentos y a veces demasiado rápidos, con dificultades alternadas a satisfacciones, en los que seguramente no faltaron momentos de ocio y diversión alternados con el estudio.

5 años de universidad en los que conocí nuevas personas que me han acompañado en este viaje que ha llegado a su fin.

Creo que experiencias como ésta no le ocurren a todos y sobre todo pasan pocas veces en la vida por lo que hay que aprovecharlas.

Además un apartado a Arantxa, mi tutora de TFG, sin la cual habría sido más complicado el trabajo y por el tiempo/esfuerzos dedicados en cualquier momento.

Por último, me gustaría dar las gracias a todos los que creyeron en mí, incluidos amigos, familiares, conocidos y futuros compañeros de trabajo.

Alessio

INDICE

1. RESUMEN	1
2. ABSTRACT	2
3. PALABRAS CLAVE	3
4. INTRODUCCIÓN	4
4.1 Blanqueamiento dental	4
4.1.1 Historia del blanqueamiento dental	4
4.1.2 Evolución y avances	4
4.1.3 Métodos naturales.....	5
4.2 Descripción blanqueamiento dental	6
4.2.1 Factores que afectan el color dental.....	6
4.2.2 Mecanismo del agente blanqueador	7
4.2.3 Tipos de luz	8
4.2.3.1 Luz LED (light emitting diode)	8
4.2.3.2 Láser (diodo, argón y CO ₂)	9
4.2.3.3 Luz UV.....	10
4.2.4 Espectrofotómetro	10
4.2.5 Tipos de blanqueamiento	10
4.2.5.1 Clínica	11
4.2.5.2 Domiciliario.....	11
4.2.6 Riesgos y efectos adversos	12
5. JUSTIFICACIÓN E HIPÓTESIS	13
5.1 Justificación	13
5.2 Hipótesis	14
6. OBJETIVOS	15
6.1 Principal	15
6.2 Secundarios	15
7. MATERIAL Y MÉTODOS	16
7.1 Material	16
7.1.1 Diseño del estudio	16

7.1.2	Selección de la muestra	16
7.1.3	Tamaño muestral	17
7.1.4	Material empleado	17
7.2	Método.....	18
7.2.1	Descripción procedimiento.....	18
7.2.1.1	Preparación especímenes	18
7.2.1.2	Realización del blanqueamiento.....	20
7.2.2	Recogida de datos.....	24
7.2.3	Análisis estadístico.....	25
8.	RESULTADOS	27
8.1	Análisis descriptivos.....	27
8.2	Análisis inferencial	29
9.	DISCUSIÓN	31
9.1	Resultados clave	35
9.2	Limitaciones del estudio	35
10.	CONCLUSIÓN	36
10.1	Conclusión principal.....	36
10.2	Conclusiones secundarias	36
11.	BIBLIOGRAFÍA.....	37
12.	ANEXOS.....	42

1. RESUMEN

Introducción: Hoy en día se da gran importancia al color dental y la estética que conlleva tener dientes claros. El método menos invasivo y más sencillo es realizar un blanqueamiento dental sobre la superficie externa de los dientes. En este estudio se evalúa la diferencia de realizar un blanqueamiento dental utilizando peróxido de hidrógeno al 37% combinado con luz LED o sin fotoactivación.

Materiales y métodos: Se realizó un estudio *in vitro* utilizando 40 dientes anteriores humanos extraídos y se dividieron en 2 grupos de 20 dientes cada uno. Grupo A (dientes no fotoactivados con luz LED) y grupo B (dientes sometidos a luz LED). Sucesivamente se realizaron 3 aplicaciones de blanqueamiento (Pola Office®, peróxido de hidrógeno al 37,5%) durante 2 sesiones a distancia de 1 semana.

Con el espectrofotómetro (Vita EasyShade) se midieron las coordenadas L*, a* y b* antes y después del blanqueamiento. Se midieron los ΔE resultantes y se aplicó la estadística con análisis descriptivo y analítico.

Resultados: las variaciones de color registradas son significativamente distintas en los 3 intervalos de inicio-sesión 1-sesión 2 ($p < 0,001$).

En ambos grupos el cambio inicio-sesión 2 es significativamente mayor que el cambio tras 1 sesión (inicio-sesión 1), $p = 0,001$.

El cambio tras la 1ª sesión es significativamente mayor que el cambio de 1ª a 2ª sesión, $p < 0,001$.

El tratamiento B (con luz) resultó significativamente más efectivo que el tratamiento A (sin luz) ($p = 0,111$).

Conclusiones: las conclusiones que comparan los dos grupos A (sin luz) y B (con luz) han visto como la fotoactivación con luz LED (grupo B) ha obtenido mejores resultados respecto a la no fotoactivación (grupo A). La luz LED mejora el proceso de blanqueamiento dental con peróxido de hidrógeno al 37%.

2. ABSTRACT

Introduction: Nowadays great importance is attached to tooth colour and the aesthetics of having light teeth. The least invasive and easiest method is through tooth whitening on the outer surface of the teeth. This study evaluates the difference in tooth bleaching using 37% hydrogen peroxide combined with LED light or without photoactivation.

Materials and methods: An in vitro study was performed using 40 extracted human anterior teeth. Several inclusion and exclusion criteria were used, divided into 2 groups of 20 teeth each. Group A (teeth not photoactivated with LED light) and group B (teeth subjected to LED light). Three bleaching applications (Pola Office®, 37.5% hydrogen peroxide) were successively carried out during two sessions at a distance of one week. With the spectrophotometer (Vita EasyShade) the L*, a* and b* coordinates were measured before and after bleaching. The resulting ΔE were measured and statistics were applied with descriptive and analytical analysis.

Results: The colour variations recorded are significantly different in the 3 intervals of start-session1-session2 ($p < 0.001$).

In both groups the change at baseline-session 2 is significantly greater than the change after 1 session (baseline-session 1), $p = 0.001$.

The change after session 1 is significantly greater than the change from session 1 to session 2, $p < 0.001$.

Treatment B (with light) was significantly more effective than treatment A (without light) ($p = 0.111$).

Conclusions: the conclusions comparing the two groups A (without light) and B (with light) showed that photoactivation with LED light (group B) obtained better results than non-photoactivation (group A). LED light improves the tooth whitening process with 37% hydrogen peroxide.

3. PALABRAS CLAVE

- Blanqueamiento dental
- Peróxido de hidrógeno al 37%
- Dientes anteriores
- Discoloración
- Cambio de color
- Espectrofotometro
- Luz LED

4. INTRODUCCIÓN

4.1 Blanqueamiento dental

4.1.1 Historia del blanqueamiento dental

Truman en 1864 fue el primero que habló de blanqueamiento sobre dientes no vitales con discoloración. El primer informe sobre lo que se creen ser los primeros pasos hacia la utilización del peróxido de hidrógeno se encuentran en el año 1884, en aquella época se llamó dióxido de hidrógeno y se utilizaba en dientes no vitales, sin pulpa (1,2). Sucesivamente en 1918 Abbott, utilizó el peróxido de hidrógeno al 30% junto a rayos de luz eléctrica (2).

Hace más de 30 años, concretamente en 1989, se desarrolló la primera técnica de blanqueamiento dental domiciliario gracias a Haywood e Heymann. Esta técnica se realizó con el uso de peróxido de carbamida en bajas concentraciones (10%) y se obtuvieron resultados visibles (2,3).

En el pasado se dejaba penetrar en la pulpa dental el peróxido de carbamida y esto causaba un compromiso en la salud oral (4).

En cambio, en Japón el uso de agentes blanqueadores en altas concentraciones fue aprobado por el ministerio de salud en 1998, relativamente reciente (5).

La Unión Europea con la ley 2011/84/UE estableció que solamente los dentistas pueden acceder a los productos blanqueadores que contienen concentración >0.1% de peróxido de hidrógeno y así no hay libre comercio entre las personas que no sean profesionales de salud. Además de la reducción de las concentraciones de uso domiciliario.

4.1.2 Evolución y avances

Con el pasar del tiempo y de los años se han introducido nuevos productos y aumentado la concentración de agente blanqueador como el peróxido de hidrógeno (3). Aunque, actualmente se buscan tratamientos con menores concentraciones y con desensibilizantes en su composición. Y la búsqueda de una mejor estética ha producido que en la última década haya un aumento de demanda para este tipo de tratamiento (6).

Nuevos estudios han desarrollado técnicas de blanqueamiento dental utilizando luz led violeta (V-LED) de 405-410nm con la posibilidad de utilizar o no el gel blanqueador. Se elige esta precisa longitud de onda porque coincide e interactúa selectivamente con las moléculas pigmentadas rompiéndolas o descomponiéndolas en más pequeñas y menos pigmentadas; dando al diente más luminosidad y un aspecto más claro (3,7–9). De esta manera además se reduce el uso de material blanqueador evitando los posibles efectos adversos disminuyendo la sensibilidad postoperatoria y aumentando seguridad y confort para el paciente (9–11).

Este tipo de blanqueamiento al ser un tratamiento conservador no elimina tejido dental sano y además se evitan los posibles efectos negativos de aplicar sustancias químicas (12). Hay varios autores como Lago y cols. que en su estudio han obtenido resultados muy satisfactorios pasando de un color A3 a un color A1 (*VITA shade guide*) en un paciente joven durante 3 sesiones de 30 minutos con intervalos de 7 días.

Aunque al ser una técnica muy reciente no hay muchos estudios fundados y falta de evidencia científica sobre los posibles efectos adversos y el real poder blanqueador (3,12).

Hay otro tipo de técnica blanqueadora que se ha destacado por primera vez en el año 2018 con buenos resultados y sin daños evidentes en la superficie del esmalte. Se utilizan nanopartículas de bióxido de titanio (TiO₂) en lugar del peróxido de hidrógeno y estas partículas al ser activadas con luz aumentan su capacidad oxidativa con consecuente potencia y mayor eficacia del agente blanqueador (4,7,13,14).

4.1.3 Métodos naturales

Existen algunos productos que dan un efecto blanqueado siendo menos agresivos si hablamos de erosión de esmalte y no tienen compuestos químicos como el peróxido. Esta técnica se denomina en inglés “*whitening*” y el resultado es obtener el color natural de los dientes. Son más seguros, aunque sobre una verdadera eficacia blanqueadora se necesitan mayores estudios y pruebas. Los de origen natural y no químico además parecen ser exentos de citotoxicidad. Hay diferencia con el término “*bleaching*” que se utiliza cuando el resultado blanqueador es obtener un color más claro respecto al natural del inicio (4,15,16).

Los productos más indicados como remplazo del peróxido son la catalasa, el polifenol peroxidasa y el superóxido dismutasa además de los 2 enzimas papaína y bromelina. Estos enzimas actúan con el mismo principio de los peróxidos degradando las moléculas pigmentadas presentes en el esmalte.

Hay productos aún más accesibles como los ácidos presentes en el limón, naranja y pomelo con capacidad de mejorar el color dental pero con efectos secundarios de erosión dental (15).

4.2 Descripción blanqueamiento dental

La mayoría de los pacientes que utilizan el blanqueamiento dental quieren mejorar su sonrisa y aspecto estético de manera conservadora gracias al resultado obtenido en breve tiempo y el costo relativamente bajo que requiere este tratamiento (3,4,7). Al final de los tratamientos casi la totalidad de los pacientes están satisfechos con el resultado y se obtiene un aumento de autoestima y calidad de vida (17,18).

Hoy en día aumenta la demanda y es cada vez más popular tener unos dientes brillantes y blancos eliminando todas las discromías y pigmentaciones posibles (19,20).

4.2.1 Factores que afectan el color dental

El color de los dientes es determinado principalmente por las características propias de esmalte, dentina y pulpa (21). Las discromías dentarias o manchas varían por su aspecto, morfología, localización y pueden ser clasificadas en internas (intrínsecas) o externas (extrínsecas). Estas últimas en general son causadas por una dieta con sustancias pigmentadas como el café, té, vino y chocolate entre otros. De esta manera las moléculas pigmentadas se apoyan sobre la superficie dental causando esta modificación del color. Claramente también pueden ser causadas por el humo de tabaco, tabaco de mascar y enjuagues con clorhexidina (2,6,21,22).

En cambio, las pigmentaciones intrínsecas son debidas a causas sistémicas, relacionada con fármacos, necrosis pulpar, restos de material después de tratamiento endodóntico, fluorosis, traumatismo y envejecimiento entre otros (2).

Las discromías internas son aquellas que requieren la intervención de un blanqueamiento dental para ser eliminadas mientras en las externas es suficiente una medida profiláctica (21).

4.2.2 Mecanismo del agente blanqueador

El potencial de aclaramiento de los dientes se debe a la permeabilidad que tiene la estructura dental frente a los componentes activos de los agentes blanqueadores y la capacidad de difusión. Esta difusión es influida por la viscosidad propia del gel, el sustrato dental y la concentración (3,23).

La pigmentación dental y las moléculas cromógenas, que son las principales causas de tinciones, son oxidadas a través de las especies reactivas del oxígeno o *reactive oxygen species* (ROS) y este proceso causa la degradación y el blanqueamiento de los dientes (3). Es una acción eficaz con lo cual el pigmento es directamente disgregado (12).

Además, el peróxido de hidrógeno actúa oxidando las moléculas complejas y convirtiéndolas en más pequeñas de manera que la luz se refleja y se altera el color del diente (7). Es un componente inestable que se divide en radicales hidroxilos (HO^\cdot), perhidróxilo (HO_2), aniones (O_2) y moléculas reactivas del oxígeno (1).

El peróxido de hidrógeno (H_2O_2) y peróxido de carbamida son los 2 principales principios activo de los geles blanqueadores (19). Hoy en día hay disponibles varias concentraciones de estos productos; el peróxido de hidrógeno puro va desde 3% hasta 38% mientras si es utilizado para degradar otros agentes blanqueadores como el peróxido de carbamida hay un porcentaje que va desde 10% hasta 35% (21).

Si hablamos de peróxido de carbamida es necesario especificar su mecanismo de acción diferente, a diferencia del peróxido de hidrógeno este producto se degrada en peróxido de hidrógeno y urea que ayuda a obtener una menor desmineralización del esmalte gracias a su propiedad de alcalinización. La urea además degrada 2 proteínas presentes en la matriz del esmalte, la amelogenina y enamelinina (6).

Son 3 las teorías para explicar el rol de la luz durante el procedimiento de blanqueamiento, efecto fototérmico, efecto fisicoquímico y fotodisociación. Con el primero se obtiene un aumento de la temperatura y una sucesiva mayor difusión del peróxido de hidrogeno en la estructura del diente. La asociación entre aumento de temperatura y mayor descomposición del peróxido de hidrógeno es reconocido como efecto "*Bpower*" o "*Bjump-start*". En el efecto fisicoquímico hay una interacción entre el peróxido de hidrógeno y los pigmentos causando un cambio de cargas eléctricas y de pH. Por último, hay una estimulación con vibración de las moléculas de peróxido de

hidrógeno gracias al cual se rompen algunos enlaces químicos y ésta es la fotodisociación (8,17,24).

4.2.3 Tipos de luz

Todos los tipos de fuentes luminosas se utilizan en el procedimiento de blanqueamiento dental obteniendo una mayor velocidad de descomposición del peróxido de hidrógeno (8,12). Gracias a esto conseguimos reducir el tiempo total en el cual el paciente tiene que estar en el sillón (10). Estas ventajas son visibles también utilizando peróxido de hidrógeno en concentraciones menores de las clásicas utilizadas en clínica (20).

Además, cabe decir que el objetivo principal de aplicar una fuente luminosa sobre un producto blanqueador es causar su parcial absorción y posterior conversión en calor aumentando las especies reactivas del oxígeno (ROS) y radicales hidroxilos (HO^\cdot). Esto se traduce con un aumento de poder blanqueador (3,19) y reducción del tiempo de interacción del producto sobre el diente (19). Sobre el verdadero efecto de la luz hay estudios discordantes con un meta-análisis que tiene resultados interesantes con concluyendo que la activación del agente blanqueador con luz no mejora los resultados (25).

Otro estudio de revisión sistemática afirma la no influencia de la luz durante el blanqueamiento dental con peróxido de hidrógeno (11).

En un estudio de Gottebons y cols. en muestras pequeñas de 19-20 personas no se encuentran diferencias relevantes sobre el resultado en la utilización o no de la luz, mientras con muestras más grandes de 25-49 personas hay una diferencia más significativa (26).

4.2.3.1 Luz LED (light emitting diode)

El LED es la fuente más común gracias a su gran disponibilidad en el mercado y bajo coste (27). Es una fuente de luz con banda ancha y no direccional (19). El LED tiene la ventaja de producir bajo aumento de temperatura respecto a los otros tipos de luces y se utiliza por 40 segundos con una intensidad de 380 mW/cm^2 (28).

En la categoría de luz LED hay las nuevas luces violeta V-LED con las ventajas de provocar una menor sensibilidad intra y postoperatoria y según varios estudios su utilización mejora el efecto blanqueador (9).

4.2.3.2 Láser (diodo, argón y CO₂)

Esta metodología de luz para conseguir blanqueamiento dental se originó en 1996 cuando la “*Food and Drug Administration*” (FDA) aprobó el uso de 2 tipos de láser durante los tratamientos odontológicos (argón y CO₂) y sucesivamente en 2007 el láser diodo (27,29).

La lampara láser es la tipología que más se está desarrollando en los últimos años y es caracterizada por un flujo de fotones con longitud de onda única. Es la fuente de energía más intensa que consigue activar de manera controlada el gel blanqueador evitando dañar la pulpa (19,27).

El láser es un tratamiento o metodo mínimamente invasivo que reduce el tiempo del tratamiento, aunque hay que valorar las desventajas, como son el coste que es superior y un procedimiento más complicado (22).

Para el láser a diodo hay un estudio de Kiomars y cols. que evalúa y compara dos diferentes longitudes de onda ($\lambda=810$ nm e $\lambda=980$ nm) a lo largo de un blanqueamiento sin encontrar ninguna diferencia estadística en el resultado (21). El diodo es capaz de eliminar los radicales libres que se forman después de la aplicación de la luz y así mejorar la adhesión con una posible futura aplicación de material de restauración (30). La modalidad correcta de utilización con el diodo es una irradiación de 15 segundos con una potencia de 10W con una longitud de onda entre 800 y 980nm. Mayor longitud de onda corresponde a una menor frecuencia de rayos y esto produce una penetración más profunda (28,29).

El láser más reciente es el Er:YAG con una longitud de onda de 2940nm que es absorbida por el agua presente en los geles blanqueadores. No hay ningún calentamiento pulpar gracias a este principio porque el gel al tener altas concentraciones de agua absorbe la energía de las ondas calentándose y no deja que llegue a la pulpa (27).

4.2.3.3 Luz UV

Se han introducido en los últimos años y se han visto mejorías del efecto blanqueador alrededor del 26% como la lampara "Zoom2", incluso se ha verificado un aumento de temperatura elevado alrededor de los 21,1°-22,8° durante 15 minutos de exposición (28).

4.2.4 Espectrofotómetro

Para medir el color de los dientes antes del blanqueamiento y después como resultado del tratamiento, podemos recurrir a métodos objetivos o a métodos subjetivos. Estos últimos son más complicados por la cantidad de factores ambientales y variables que nos pueden influir y se evalúa con guías de colores (*vita-classic, Vitapan 3D master*) (1,20,31).

La interpretación objetiva del color se da mediante la utilización de instrumentos tridimensionales como el espectrofotómetro o fotocameras digitales que proporcionan resultados más objetivos, fiables y precisos (8,20,31).

La base para el desarrollo de los espectrofotómetros se da gracias a la "commission internationale de l'Eclairage" (CIE) (8).

Mide las 3 dimensiones del color a través de L*, a* y b*. L* representa el valor o luminosidad y va desde 0 (negro) hasta 100 (blanco), a* mide el verde-rojo y b* mide el azul-amarillo (8,22).

Los valores ΔE , donde se observan los cambios de color, se obtienen con el espectrofotómetro mediante la fórmula - $\Delta E^* = \sqrt{[(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]}$ (22).

4.2.5 Tipos de blanqueamiento

Para tratar un diente teñido o con discoloración hay varias opciones además del blanqueamiento, aunque son más agresivas como la micro abrasión del esmalte, frentes laminados y coronas de recubrimiento total (6).

Dentro de las técnicas de blanqueamiento con agentes blanqueantes hay 2 técnicas principales que son el vital y no vital (2). Sucesivamente el blanqueamiento vital se divide en "domiciliario" o "en clínica" (19). Cabe decir que existe un tercer tipo de blanqueamiento vital que es la combinación de las 2 anteriores y se han verificado mejorías a largo plazo con este tipo de tratamiento combinado (5,32).

4.2.5.1 Clínica

Es el tratamiento realizado por el profesional debido a concentración más alta del producto blanqueador (33) y según Auschill y cols. una sesión de blanqueamiento en la consulta de la duración de 15 minutos repetidos 3 veces es equiparable a la aplicación de 7-8 horas de blanqueamiento domiciliario (19).

Por estos motivos el blanqueamiento dental en la consulta es una opción que algunos pacientes prefieren, aunque la técnica domiciliar sigue siendo la más utilizada (17).

En estos casos de blanqueamiento, la concentración de ambos peróxidos es elevada, con productos con una concentración de peróxido de hidrógeno que varía entre 25% y 38% (8,30).

Con esta técnica hay un mejor control de paciente por parte del odontólogo minimizando los posibles riesgos de ingestión del material y lesiones sobre tejidos blandos por parte del agente (20).

El tiempo promedio para el tratamiento completo es de 1-3 citas de 40-50 minutos cada una (18).

4.2.5.2 Domiciliario

Este tipo de tratamiento es realizado directamente en casa por parte del paciente gracias a la concentración más baja de los productos (33). En el blanqueamiento domiciliario hay algunas desventajas respecto al tratamiento clínico relacionados con el paciente y su actitud al utilizar correctamente las férulas blanqueadoras (12). El tiempo necesario para obtener resultados es alrededor de 2 semanas y este largo tiempo trae a un abandono y falta de cumplimiento por parte de los pacientes que buscan resultados inmediatos (22). Además, en el blanqueamiento domiciliario es necesario tener cuidado con los pacientes que presentan recesiones gingivales visibles o lesiones abrasivas no restauradas (12).

Según la normativa Europea 2011/84/EU "*Tooth whitening or bleaching products containing concentrations greater than 0.1 % or less than 6 % of H₂O₂ (hydrogen peroxide), present or released are to be only sold to dental practitioners*". El agente más utilizado es el peróxido de carbamida al 16% gracias a su seguridad y efectos en el largo periodo. Se puede utilizar también el peróxido de hidrógeno en concentraciones máximas del 6% (6,15,34).

En una escala de dolor calculada sobre la sensibilidad que va desde 0 hasta 4 podemos poner el tratamiento domiciliario en 0.5 puntos y el clínico en 2.8 (18). Añadiendo 0.2% de fluoruro de sodio al gel blanqueador conseguimos disminuir la sensibilidad gracias a su capacidad de bloquear los túbulos dentinarios expuestos (35).

4.2.6 Riesgos y efectos adversos

Como cualquier tratamiento dental hay la posibilidad, aunque mínima, de efectos secundarios, alérgicos o indeseados (3). Estos efectos dependen de la concentración del producto y el tiempo de aplicación sobre el diente, como también su propia composición química y el pH (13).

Desafortunadamente los radicales libres formados no son selectivos solamente con las moléculas cromógenas, sino que actúan en toda la superficie del esmalte pudiendo causar varios efectos indeseados como el aumento de rugosidades superficiales, desmineralización del esmalte, menor dureza y resistencia (3,7,30,33). Todos estos factores se han valorado con microscopía electrónica de barrido y pueden llegar a aumentar el acumulo de placa con consecuentes aparición de caries hasta enfermedad periodontal (25,31). Otra consecuencia es la microfiltración que disminuye la fuerza de adhesión entre el diente y futuras restauraciones de composite. Se aconseja esperar un tiempo entre 7-10 días después del blanqueamiento para minimizar los riesgos de interferencia entre la polimerización de los agentes adhesivos y los materiales de restauración (30).

Además, el uso prolongado de estos productos blanqueadores está comprobado que causa una erosión gradual del esmalte hasta exponer la dentina del diente (4,33). Cuanto mayor es la concentración, el calor y el tiempo de contacto del peróxido de hidrógeno con el diente, mayor es la posibilidad que penetre cerca y hacia la pulpa causando una reacción de hipersensibilidad o hasta problemas de vitalidad pulpar (3,7,28,33). Es importante controlar el calor que se forma durante la irradiación con gel blanqueador, sin superar el umbral de 5.5°C que es el límite para que no haya afectación en la pulpa (19).

Otro inconveniente que puede verificarse hasta 6 meses después del tratamiento es la posibilidad de producir inflamaciones y reabsorciones óseas causadas por los niveles elevados de RANKL e interleucina 1 b (IL-1b) (15).

5. JUSTIFICACIÓN E HIPÓTESIS

5.1 Justificación

Actualmente la estética dental está cada vez más de moda y las personas quieren lucir constantemente unos dientes blancos y brillantes y para ello recurren en mayor frecuencia a tratamientos estéticos como el blanqueamiento dental.

Se ha convertido en un tratamiento muy popular, ya que además se trata de un tratamiento mínimamente invasivo y relativamente barato en comparación con otras soluciones. Gracias a ello, las personas consiguen aumentar su autoestima y mejorar su calidad de vida general (19,20).

A lo largo de los años, hemos asistido a avances en los métodos de blanqueamiento que van desde diversos materiales y concentraciones hasta diferentes fuentes lumínicas para acelerar el proceso (12).

Después de investigar en varios buscadores (Pubmed, Scopus, Web of Science) y bases científicas, hemos observado que en los últimos 5 años la mayoría de los artículos tratan de los problemas causados por los tratamientos de blanqueamiento dental y los posibles efectos secundarios, como la sensibilidad hasta daños en la pulpa.

Existe una falta de evidencia científica en la literatura a nuestro alcance sobre la eficacia real de la luz como activador. Por este motivo, este estudio *in vitro* evalúa la eficacia de la activación con luz LED durante el tratamiento, comprobando si mejora el resultado.

El objetivo de este estudio es complementar otros estudios *in vitro* dentro de esta línea de investigación de manera que se obtengan más muestras dentales y un mayor número de mediciones aumentando la eficacia y la evidencia.

El trabajo puede ser relacionado con el objetivo de desarrollo número 9 (ODS 9) que corresponde a industria, innovación e infraestructura debido a la presencia de modernización en la tecnología.

Las técnicas blanqueadoras y toda la industria que comercializa estos productos blanqueadores han evolucionado para dar mejores resultados y menos efectos secundarios, y es un campo en el que la innovación es importante, ligado a la búsqueda de una mejor estética dental.

Además, en muchos sistemas se utilizan técnicas fotoactivadas con el uso de lámparas de polimerización LED que hoy en día son las más utilizadas e innovadoras respecto a las halógenas (27,28).

5.2 Hipótesis

HIPÓTESIS NULA: no hay diferencia en el color obtenido entre el blanqueamiento realizado en clínica fotoactivado con luz LED y el blanqueamiento sin el uso de la luz LED. El blanqueamiento dental realizado en clínica con peróxido de hidrógeno consigue los mismos resultados de color y luminosidad independientemente de si es fotoactivado con luz LED o si no es fotoactivado.

HIPÓTESIS ALTERNATIVA: la fotoactivación del peróxido de hidrógeno al 37% con luz LED durante el blanqueamiento dental obtiene mejores resultados respecto al blanqueamiento sin fotoactivación en dientes anteriores con discoloraciones.

6. OBJETIVOS

6.1 Principal

Evaluar la eficacia del peróxido de hidrogeno al 37% activado con la luz LED durante el blanqueamiento dental en los dientes anteriores mediante la diferencia de color calculada con la ecuación ΔE .

6.2 Secundarios

- Comparar la diferencia de color (ecuación ΔE) entre el color inicial y la primera sesión de blanqueamiento en los diferentes grupos.
- Comparar la diferencia de color (ecuación ΔE) entre la primera sesión y la última sesión de blanqueamiento en los diferentes grupos.
- Comparar la diferencia de color (ecuación ΔE) entre el color inicial y la última sesión de blanqueamiento en los diferentes grupos.

Variables:

- La variable principal en este tipo de estudio *in-vitro* es en la utilización de la luz LED como activador (con o sin luz) en los diferentes intervalos de tiempo (inicio, primera sesión y segunda sesión).
- El cambio de color en los dientes medido de manera objetiva con el espectrofotómetro se puede comparar con de la ecuación ΔE .

7. MATERIAL Y MÉTODOS

7.1 Material

7.1.1 Diseño del estudio

Se realizó un estudio *in-vitro* sobre dientes extraídos del sector anterior de humanos adultos. Se utilizaron incisivos centrales superiores, incisivos laterales superiores, caninos superiores, incisivos centrales inferiores, incisivos laterales inferiores y caninos inferiores. Se ha seguido la guía CONSORT modificada para estudios “*in vitro*” (anexo I).

Este estudio experimental cuenta con la aprobación para su realización por parte de la Clínica Universitaria Odontología/Departamento Preclínico de Odontología el día 20 de diciembre de 2023 (anexo III).

El estudio fue realizado en los laboratorios de la Universidad Europea de Valencia en los meses de enero, febrero y marzo.

7.1.2 Selección de la muestra

Los dientes seleccionados para la muestra tenían que seguir algunos criterios de inclusión y exclusión.

Criterios de inclusión:

- Pacientes adultos
- Dientes definitivos de sector anterior
- Dientes recién extraídos por motivos de ortodoncia o enfermedad periodontal
- Integridad de la corona
- Libre de anomalías en la superficie de esmalte, como grietas y fracturas

Criterios de exclusión:

- Hipoplasia del esmalte
- Hipomineralización del esmalte
- Dientes con caries
- Dientes con restauraciones

- Dientes con tratamiento endodóntico previo
- Dientes con opacidades
- Dientes temporales

7.1.3 Tamaño muestral

El cálculo del tamaño muestral no se realizó para la selección de la muestra porque se decidió realizar un estudio con 40 dientes extraídos del sector anterior, siguiendo las recomendaciones de estudios anteriores para la selección de los criterios de elegibilidad, en las que se han realizado grupos de 20 dientes cada uno.

7.1.4 Material empleado

- Instrumental para la preparación del operador y de los dientes:
 - Operador: bata, guantes, mascarilla, bandeja, gafas de protección.
 - Dientes: aspirador de saliva con punta, algodones, gasas.
- Instrumental para la limpieza de los dientes: curetas periodontales 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 y 16 gr de té.
- Instrumental para la preparación de las bases y férulas:
 - Base: resina acrílica fotopolimerizable (Impression tray resin Ic).
 - Férulas: maquina termovacío, 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 +), lámpara luz LED convencional de arco completo (Radii Xpert SDI).
- Instrumental para la medición del color: espectrofotómetro (Vita Easy Shade).

7.2 Método

7.2.1 Descripción procedimiento

7.2.1.1 Preparación especímenes

Selección

Como primer paso fueron examinados los dientes y se excluyeron aquellos que no cumplían los criterios citados anteriormente.

Conservación

Los dientes se almacenaron en un frasco que contenía una solución de agua destilada y thymol antes de empezar el experimento evitando soluciones que podían alterar el color inicial (6).

Limpieza

Se realizó una limpieza manual mediante el uso de curetas periodontales tipo Gracey (Hufredy®) y sucesivamente una profilaxis con el uso de cepillo de profilaxis montado en contraángulo a baja velocidad. Por último, se pasó la pasta abrasiva y piedra pómez (3).



Fig. 1: Limpieza dientes con curetas

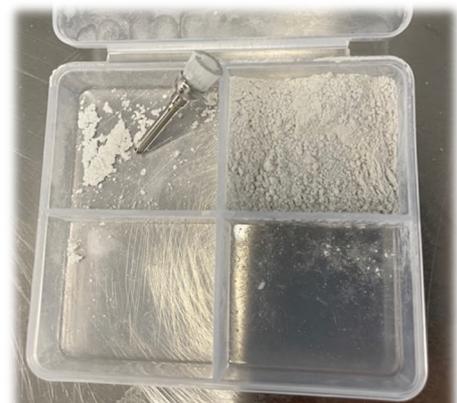


Fig. 2: Piedra pomez

Preparación

Siguiendo los pasos de los estudios como el de WANG y cols. (2013), Al-Karadaghi y cols. (2016) y Álvarez-Quinceno y cols. (2021), los especímenes fueron seccionados y cortados por la raíz a 2 mm por debajo de la línea amelo-cementaria (LAM), utilizando un disco de diamante para contraángulo a baja velocidad y quedándonos únicamente las coronas de los dientes (36–38).



Fig. 1: Sección especímenes

Tinción

Sucesivamente se sumergieron todos los dientes cortados en una solución de Thymol al 0.5% hasta que se empezó el tratamiento de blanqueamiento (3,7,13).

Antes de iniciar el protocolo de blanqueamiento, fueron teñidos con una solución de té negro 500 ml de agua y 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) (3,7,10,13,33,37). El protocolo de tinción consistía en 4 ciclos: 18 horas en 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 (25,39).



Fig. 4: Solución agua y té negro



Fig. 5: Almacenamiento en agua destilada

7.2.1.2 Realización del blanqueamiento

Se prepararon los dientes cortados para la realización del protocolo de blanqueamiento. Cada muestra se incluyó y polimerizó en un bloque de resina acrílica fotopolimerizable (Impression tray resin lc), con la superficie vestibular expuesta para que sea alcanzable por la luz (7,25,27).



Fig. 2: Resina fotopolimerizable impresión tray

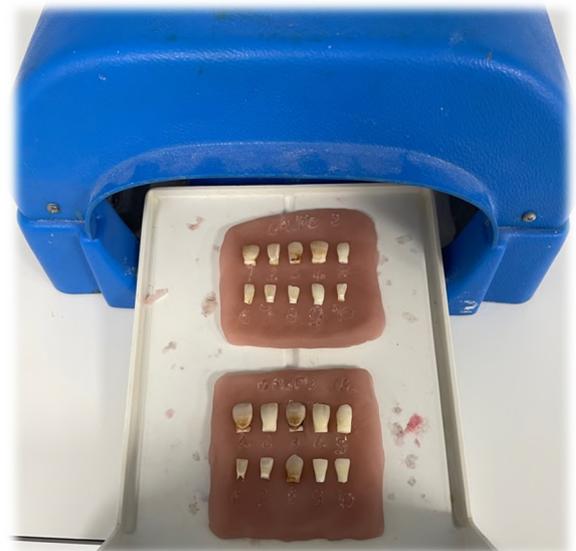


Fig. 3: Resina fotopolimerizada

Para medir el color precisamente y siempre en la misma zona del diente, se confeccionaron férulas de posicionamiento utilizando planchas termoplásticas mouthguard de 0,4 mm de grosor. Para su realización se utilizó una máquina de termovació donde se posicionaron los bloques de resina acrílica con los dientes incorporados y se confeccionaron dichas planchas a medida.

Una vez imprimidas las férulas y enfriadas se realizaron perforaciones alineadas con el centro de cada diente que será el lugar preciso donde medir el color con el espectrofotómetro. Estos orificios se crearon utilizando un Punch, como realizaron tales autores Silva Daltro y cols. (2020) (25).

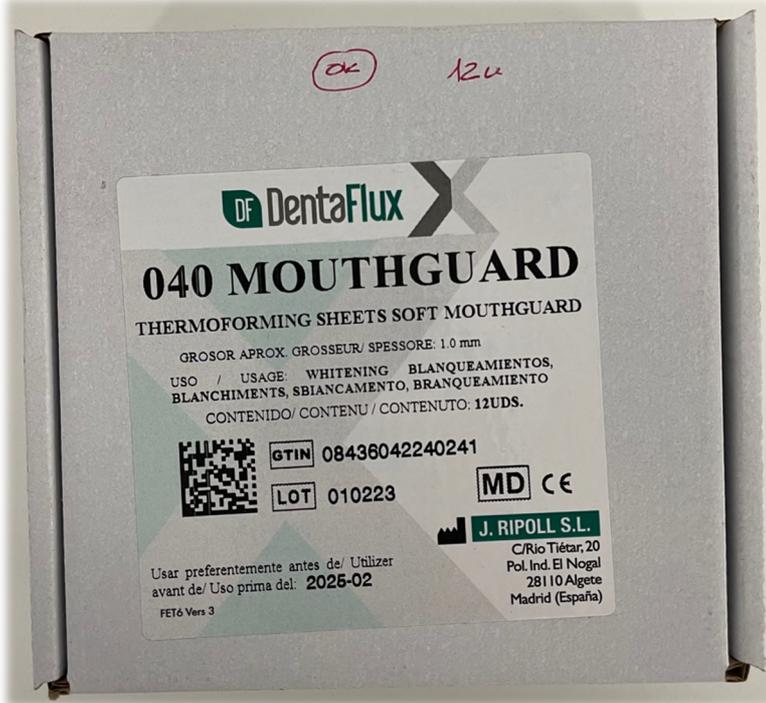


Fig. 8: Planchas termoplásticas



Fig. 9: Máquina termovació



Fig. 4: Planchas realizadas y enfriadas

Sucesivamente las muestras fueron divididas en dos grupos aleatoriamente, compuesta cada una por 20 dientes. En los 2 grupos se aplicó de la misma manera el

agente blanqueador, pero en un grupo se realizó el protocolo de blanqueamiento con la aplicación de la luz LED y en el otro sin la aplicación de la luz LED.

El protocolo de blanqueamiento dental consiste en 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 fotoactivar. El protocolo ha sido planteado siguiendo las instrucciones de la casa comercial del agente blanqueador.

1. Antes de empezar fue determinado y registrado el color inicial de las muestras con el uso del espectrofotómetro (Vita EasyShade) y utilizando las férulas de posicionamiento citadas anteriormente.



Fig. 5: Espectrofotómetro "Vita EasyShade"

2. Sucesivamente se limpiaron los dientes con cepillo de profilaxis para contraangulo a baja velocidad y piedra pómez.
3. Para aplicar el agente blanqueador de manera precisa sobre las muestras se utilizó una punta a forma de "cepillo" adaptado sobre la jeringa blanqueadora. De esta manera se aplicó una capa delgada y homogénea de gel a todos los dientes. Además, en las instrucciones de Pola Office+ describe de poner una fina capa para evitar que el gel blanqueador se escurra.



Fig. 6: Jeringa agente blanqueador "Pola Office +"

4. Según el protocolo se dejó actuar el agente blanqueador sobre los dientes durante 8 minutos y una vez terminado el tiempo se retiró el gel con punta aspiradora o eyector de saliva. En una grupo de muestras durante los 8 minutos se aplicó la luz de arco completo fotoactivando el producto, mientras en el otro grupo se dejó actuar durante 8 minutos sin el apoyo de la luz.



Fig. 7: Lámpara luz LED "Radii Xpert SDI"

5. Entre cada una de las aplicaciones durante la misma sesión el agente blanqueador se retiró con una gasa humedecida y sucesivamente con una segunda gasa sin humedecer para secar la superficie del esmalte.
6. Se realizaron en total tres aplicaciones del producto blanqueador en cada sesión y se hicieron 2 sesiones con la segunda a una semana de distancia de la primera.
7. Al terminar la última aplicación de cada sesión el agente blanqueador se retiró por completo y se enjuagaron los dientes con agua de la jeringa de aire-agua durante 20 segundos y se almacenaron nuevamente en agua destilada.

7.2.2 Recogida de datos

En ambos los grupos se registró el color inicial de los dientes, después de realizar la primera sesión de blanqueamiento y al final de la segunda sesión, mediante el uso de un espectrofotómetro (Vita EasyShade).

Antes de empezar con las mediciones se calibró el espectrofotómetro poniéndolo en su base de carga como explicado por la casa comercial.

Para mejorar validez y fiabilidad del estudio se hicieron dos mediciones idénticas sobre el mismo diente de manera que con los datos obtenidos se realizó una media de las coordenadas L, a* y b*.

Gracias a la utilización de las férulas se hizo la medición exáctamente en el mismo punto donde estaba la perforación redonda.



Fig. 8: Medición color

Se registraron en un tabla Excel los datos de las mediciones incluyendo la fecha y los valores obtenidos para cada diente.

Para determinar la ΔE de los modelos, se utilizaron las variables L, a^* y b^* .



Fig. 9: Variables L^* , a^* , b^*

Los cambios de color sucesivos al blanqueamiento se expresaron como ΔL^* , Δa^* , Δb^* . La diferencia de color de las muestras, en diferentes tiempos de tratamiento (ΔE^*) se calculó utilizando la siguiente fórmula (37):

$\Delta E^* = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$, donde $\Delta L^* = L_0 - L_1$; $\Delta a = a_0 - a_1$; $\Delta b = b_0 - b_1$ (25,35).

7.2.3 Análisis estadístico

El análisis descriptivo proporciona las estadísticas relevantes para la variable delta E, de tipo cuantitativo (media, desviación estándar, mínimo, máximo, mediana y cuartiles).

La normalidad del parámetro en cada uno de los tiempos y condiciones se evalúa mediante test de Shapiro-Wilk, obteniéndose desviaciones significativas en algunos

casos. El análisis detallado de cada situación permite identificar la causa como la presencia de casos extremos (1 caso del grupo A sin luz y 2 casos del grupo B con luz). Estos casos serán excluidos del estudio en la parte inferencial (permanecen en el descriptivo). El enfoque del análisis será paramétrico.

El análisis inferencial consiste en la estimación de un Modelo Lineal General ANOVA de Medidas Repetidas para variable dependiente delta E. Se contempla la inclusión de un factor intra-sujeto o de medidas repetidas: el tiempo de la medición y un factor entre-sujetos: el grupo (A/B) o, equivalente, la condición de luz (no/sí).

Se evaluarán los efectos principales y la interacción. Se aplican correcciones y pruebas de comparación múltiple según criterio de Bonferroni.

8. RESULTADOS

8.1 Análisis descriptivos

La muestra completa de este estudio *in-vitro* está compuesta por cuarenta dientes anteriores naturales extraídos y seleccionados a través de varios criterios de inclusión y exclusión. Sucesivamente la muestra fue dividida de manera aleatoria en dos grupos diferentes, Grupo A y Grupo B, donde el primero (Grupo A) no fue sometido a la utilización de luz LED a diferencia del segundo (Grupo B) que fue realizado el tratamiento de blanqueamiento mediante el uso de luz LED.

Tabla 1. Valores de las muestras en las distintas sesiones

La tabla T1 describe las mediciones delta E para los diferentes intervalos de tiempo y diferenciando según grupo.

		GRUPO		
		Total	A	B
delta E inicio_s1	N	40	20	20
	Media	12,96	11,25	14,67
	Desviación típica	6,76	3,08	8,84
	Mínimo	5,42	5,42	7,42
	Máximo	40,37	20,46	40,37
	Percentil 25	9,95	9,59	10,47
	Mediana	11,58	11,44	12,20
	Percentil 75	12,98	12,08	15,04
delta E s1_s2	N	40	20	20
	Media	3,26	2,98	3,55
	Desviación típica	1,60	1,53	1,66
	Mínimo	,36	,58	,36
	Máximo	6,48	5,94	6,48
	Percentil 25	1,99	1,75	2,28
	Mediana	3,08	2,72	3,50
	Percentil 75	4,15	3,67	4,73
delta E inicio_s2	N	40	20	20
	Media	15,07	12,82	17,32
	Desviación típica	6,82	3,74	8,41
	Mínimo	7,52	7,52	9,67
	Máximo	41,72	24,49	41,72
	Percentil 25	11,31	10,50	12,95
	Mediana	13,24	11,93	14,52
	Percentil 75	15,77	14,51	17,80

Tabla 1: Delta E entre aplicaciones según grupo para Pola Office+

- GRUPO A (sin luz)

En el Grupo A (sin luz) compuesto de 20 dientes vemos una media de diferencia de color (ΔE) de 11,25 entre el inicio y la primera sesión, de 2,98 entre la primera y la segunda sesión y una media de 12,82 entre el inicio y la segunda sesión final.

La mediana entre inicio y primera sesión es de 11,44, de 2,72 entre las dos sesiones y 11,93 entre el inicio y la segunda sesión.

La desviación estándar o típica es de 3,08 entre el inicio y la primera sesión, 1,53 entre primera y segunda sesión y 3,74 entre el inicio y la sesión final.

El mínimo entre inicio y primera sesión fue de 5,42, de 0,58 entre las dos sesiones y 7,52 entre el inicio y la segunda sesión.

El valor máximo de ΔE entre inicio y primera sesión fue de 20,46, de 5,94 entre primera y segunda sesión y de 24,49 entre el inicio y la segunda sesión.

En todos los casos la segunda sesión ha sido la menos impactante si nos atendemos a los datos de la tabla 1.

- GRUPO B (con luz)

En el Grupo B (con luz) compuesto de 20 dientes vemos una media de diferencia de color (ΔE) de 14,67 entre en inicio y la primera sesión, de 3,55 entre la primera y la segunda sesión y una media de 17,32 entre el inicio y la segunda sesión final.

La mediana entre inicio y primera sesión es de 12,20, de 3,50 entre las dos sesiones y 14,52 entre el inicio y la segunda sesión.

La desviación estándar o típica es de 8,84 entre el inicio y la primera sesión, 1,66 entre primera y segunda sesión y 8,41 entre el inicio y la sesión final.

El mínimo entre inicio y primera sesión fue de 7,42, de 0,36 entre las dos sesiones y 9,67 entre el inicio y la segunda sesión.

El valor máximo de ΔE entre inicio y primera sesión fue de 40,37, de 6,48 entre primera y segunda sesión y de 41,72 entre el inicio y la segunda sesión.

También aquí la segunda sesión ha sido la menos impactante si nos atendemos a los datos de la tabla 1.

8.2 Análisis inferencial

Según nuestros objetivos hemos obtenido los siguientes resultados:

- Evaluar la eficacia del peróxido de hidrogeno al 37% activado con la luz LED durante el blanqueamiento dental en los dientes anteriores mediante la diferencia de color calculada con la ecuación ΔE .

Existen diferencias significativas en las variaciones de color según grupo: con B (luz) mejor resultado y estadísticamente significativo respecto que con A (sin luz).

Estas diferencias también fluctúan según el intervalo de tiempo en el que se midan ($p=0,021$). Para la valoración global puede afirmarse que el tratamiento con fotoactivación (B) resultó significativamente más efectivo que el tratamiento sin luz (A) ($p=0,111$).

- Comparar la diferencia de color (ecuación ΔE) entre el color inicial y la primera sesión de blanqueamiento en los diferentes grupos.

Si estudiamos y analizamos los grupos A y B entre el color inicial y la primera sesión de blanqueamiento podemos apreciar diferencias estadísticamente significativas con valor de $p<0,001$. El resultado con la ecuación ΔE entre inicio y primera sesión es de $11,25 \pm 3,08$ en el grupo A y de $14,67 \pm 8,84$ en el grupo B. Con lo que el grupo B obtiene un blanqueamiento más significativo respecto al grupo A.

Si comparadamos por separados las sesiones, tras la primera sesión es donde se ha obtenido la mayor diferencia de color.

- Comparar la diferencia de color (ecuación ΔE) entre la primera sesión y la última sesión de blanqueamiento en los diferentes grupos.

El resultado con ecuación ΔE tras la primera sesión es de $2,98 \pm 1,53$ en el grupo A y de $3,55 \pm 1,66$ en el grupo B.

Valorando grupos A y B por separado entre la primera sesión y la última sesión obtenemos resultados similares en los dos grupos con un cambio más leve y menos apreciable respecto a la comparación anterior entre color inicial y primera sesión.

- Comparar la diferencia de color (ecuación ΔE) entre el color inicial y la última sesión de blanqueamiento en los diferentes grupos.

En ambos grupos, el cambio global (inicio-sesión 2) es significativamente mayor y estadísticamente significativo respecto al cambio tras 1 sesión (inicio-sesión 1), $p=0,001$.

El cambio tras la 1ª sesión (inicio-sesión 1) es significativamente mayor que el cambio de 1ª a 2ª sesión, $p<0,001$.

El resultado con ecuación ΔE de forma global es de $12,82 \pm 3,74$ en grupo A y $17,32 \pm 8,41$ en grupo B.

Además, en este objetivo se puede englobar la comparación entre inicio y sesión final de un grupo con la doble sesión del otro y viceversa.

	p-valor
Una sesión grupo B vs. Dos sesiones grupo A	1,000
Una sesión grupo A vs. Dos sesiones grupo B	<0,001***

Tabla 2 Cambios de color según Combinaciones de grupo e intervalo de tiempo: Comparaciones múltiples de Bonferroni

De esta manera se destaca que no hay diferencias entre aplicar 2 sesiones sin luz (A) respecto a 1 sola sesión con luz (B), $p=1$.

Y de los resultados obtenidos, dos sesiones con luz (B) implican un beneficio significativamente mayor respecto a una sesión sin luz (A), $p<0,001$.

9. DISCUSIÓN

En nuestro estudio in vitro la preparación de los especímenes ha sido llevada a cabo siguiendo las pautas realizadas por estudios previos similares, para la conservación de los dientes en solución de thymol nos atendemos a los estudios de Basheer y cols. (2023), Kwon y cols. (2013), De Oliveira Gallinari y cols. (2019), Costa y cols. (2021), Costa y cols. (2021) (3,6,7,13,24).

En relación con el estudio de Basheer y cols. (2023) encontramos la metodología de cortar la raíz de los dientes 2 mm por debajo de la unión cemento-esmalte (6).

En el estudio de De Oliveira Gallinari y cols. (2019) como en el nuestro se limpiaron los dientes extraídos con curetas y profilaxis con piedra pómez como visto también en el estudio de Basheer y cols. (2023) (3,6).

Sucesivamente los dientes fueron puestos en resina acrílica como en el estudio de Gottenbos y cols. (2021) y Shahabi y cols. (2018) (21,26).

Con respecto a la tinción con té negro hemos imitado los siguientes estudios de Basheer y cols. (2023), De Oliveira Gallinari y cols. (2019), Costa y cols. (2021), Costa y cols. (2021), Fernandes B y cols (2021) (3,6,7,10,13).

En relación al tiempo de exposición y procedimiento del agente blanqueador, el nuestro experimento con producto Pola Office+ consistía en 3 aplicaciones de 8 minutos durante 2 sesiones, con la segunda a la semana. En el Grupo A los 8 minutos han sido sin aplicación de luz mientras en el Grupo B han sido 8 minutos combinados con luz. El mismo producto Pola Office+ y la misma lámpara LED (Radii Xpert, SDI) han sido utilizados en el estudio de Ergin y cols. (2018). Ellos utilizando el producto durante 8 minutos pero con fotopolimerización LED solamente durante 20 segundos en cada una de las 3 aplicación y compararon la eficacia de la utilización de luz láser y la luz LED, obteniendo mejores resultados con el uso de esta última (27).

Según el estudio de Wang y cols., aunque es del año 2013, el blanqueamiento con luz mejora el color dental y aún más cuando el tiempo de exposición es superior a los 10 minutos respecto a los 8 minutos (37).

No obstante hay diferencia con el estudio de De Oliveira Gallinari y cols. (2019) que consistía en sesiones de blanqueamiento durante 30 minutos, con 20 ciclos que implicaban un minuto de irradiación con intervalos de 30 segundos entre los ciclos y verificaron que la luz LED no influyó en el resultado final si era utilizada junto a peróxido de hidrógeno al 35%, mientras potenció el efecto blanquador si era combinada con peróxido de hidrógeno al 16-17.5%. En el estudio de Mounika y cols. en el 2018, obtienen resultados similares al estudio de De Oliveira, pero utilizando una baja concentración de H₂O₂ (3,40).

Una válida alternativa para obtener resultados de blanqueamiento dental es a través de la combinación con técnicas realizadas en consulta y en casa; en esta última hay varias ventajas. Por ejemplo, el hecho de ahorrar tiempo en la consulta dado que suele ser necesaria más de una sesión de blanqueamiento para obtener resultados satisfactorios.

Además, y como hemos visto antes, someterse a varias sesiones con altos porcentaje de peróxido de hidrógeno aumenta el riesgo de posibles efectos negativos sobre la sensibilidad dental (32) En la técnica combinada, se entrega al paciente una cubeta personalizada y un agente blanquador con una menor concentración de peróxido de carbamida o hidrógeno, que será utilizada en casa después de la primera sesión en la consulta. La desventaja del blanqueamiento con férulas en casa es que tardará alrededor 7 días de tiempo para verse el efecto, a diferencia del de clínica que presenta resultados inmediatos y más impactantes a primera vista. (40,41).

De toda formas, según el estudio de Soares D y cols. (2014) en ambos protocolos de blanqueamiento hubo cierta inflamación pulpar durante la segunda aplicación del agente blanquador (en casa o en consulta) después de la primera sesión en la consulta (42).

Con esto llegamos a concluir que al día de hoy para obtener máximo resultado con minimos efectos adversos es aconsejable hacer un tratamiento de blanqueamiento

combinado, en clínica con altas concentraciones de peróxido de hidrógeno y acabar en casa con bajas concentraciones. (40)

Para la medición colorimétrica CIELab se utilizó el espectrofotómetro, el cual al ser un instrumento con medida objetiva es apropiado para detectar el color evitando el posible sesgo del ojo humano con su visión subjetiva. En nuestro estudio para la medición del color hemos utilizado férulas posicionadoras para medir el color siempre en el mismo punto del diente como se explica en el estudio de Alomari y cols. (2010), en el cual se tomó una impresión de silicona utilizada como guía de medición del color para el espectrofotómetro. Se creó una ventana en la superficie vestibular de la guía de silicona utilizando un dispositivo con el diámetro exacto a lo de la punta del espectrofotómetro. A continuación, se introdujo la punta del dispositivo en la guía de silicona y se obtuvieron los parámetros L^* , a^* y b^* que se necesitaban (35,43)

El L^* , a^* y b^* son las tres variables y coordenadas que miden esta diferencia del color. Para medir la diferencia y el cambio de color sobre el esmalte de los dientes aprovechamos la ecuación Delta E (ΔE) que es una medida usada para expresar la precisión del color. La coordenada L^* (luminosidad) es la más sensible a la visión humana respecto a las coordenadas a^* (rojo-verde) y b^* (amarillo-azul). El umbral de ΔE puede variar entre individuos y el valor de aceptabilidad es entre 5,5 y 6,8 unidades si hablamos del color dental (44).

El cambio de color (ΔE) antes del tratamiento y después se obtuvo por las diferencias entre los colores medidos con el espectrofotómetro, que se calcula mediante la fórmula $\Delta E = [(\Delta L^*)^2 + (\Delta a^*)^2 + (\Delta b^*)^2]^{1/2}$ (25,35).

Todos los resultados que se comparan en los dos grupos de nuestro estudio han visto como en el grupo B (con luz) ha obtenido mejores resultados respecto el grupo A (sin luz), pudiendo decir que el blanqueamiento dental con peróxido de hidrógeno al 37% obtiene mejores resultados con la aplicación y activación de luz LED en las mismas condiciones.

El único resultado a favor del grupo A (sin luz) es la no diferencia entre aplicar 2 veces el producto sin luz respecto a una sola sesión de producto fotoactivado con luz LED. De todas maneras al aplicar una sola vez el producto se ahorra tiempo en la clínica dental, y

menos efectos secundarios que utilizar concentraciones altas, llegando a concluir que siempre observamos ventajas utilizando la fotoactivación y de esta manera hemos rechazado nuestra hipótesis nula, que era que no hay diferencia en el color obtenido entre el blanqueamiento realizado en clínica con peróxido de hidrógeno al 37% solo o combinado con luz LED, ya que según nuestro resultado se puede distinguir una diferencia estadísticamente significativa de datos positivos obtenidos aplicando el producto y activándolo con luz a diferencia de las muestra no activadas por luz.

En la revisión sistemática que realizaron Medeiros y cols. (2018) concluyeron que no había una mejoría en el cambio de color realizando la activación del agente blanqueador con luz en el blanqueamiento en clínica. Pero hay que tener en cuenta que se comparaba con varios productos comerciales (45).

También los resultados obtenidos en el estudio de Grazioli y cols. (2018) son diferentes si los comparamos con nuestro estudio. Se demuestra que la aplicación de luz no mejora la eficacia del blanqueamiento incluso si se utilizan productos muy concentrados. Pero, en ambos estudios se verifica que los productos con peróxido de hidrógeno producen un efecto blanqueador positivo significativo ($p < 0,001$), dado por el aumento de la luminosidad (L^*) y la disminución de los otros dos parámetros de color a^* y b^* (33).

En nuestro estudio se evaluó la diferencia de capacidad del producto blanqueador para la descomposición de las moléculas cromogénicas si es sometido a luz LED o no. Según el estudio de Kury y cols. (2020) la asociación de luz LED con peróxido de hidrógeno potenció el cambio de color aunque utilizaron una concentración de peróxido de hidrógeno ligeramente inferior (35%) (11).

También en los resultados del estudio de Ugurlu M y cols. (2022) se destacó que el tratamiento con peróxido de hidrógeno al 25% en combinación con fotoactivación mostró mejores resultados finales (20). Como en el estudio precedente hay menor concentración de agente blanqueador, debido a que en la actualidad hay una tendencia en bajar la concentración de los productos en clínica y, como hemos visto, se obtienen de la misma manera resultados eficaces en términos de blanqueamiento.

De acuerdo a esta teoría tenemos el estudio de Gottenbos B y cols. (2021) con el uso de Philips Zoom-Whitespeed y su lámpara específica de intensidad $190\text{mW}/\text{cm}^2$ utilizando geles blanqueadores con peróxido de hidrógeno al 25% y junto con la activación con luz se mejora significativamente el éxito del blanqueamiento (26).

9.1 Resultados clave

- La impresión descriptiva es que la luz (grupo B) favorece una mayor variación del color.
- Existen diferencias significativas en las variaciones de color según grupo ($p=0,017$): B (con luz) mejores resultados que grupo A (sin luz).
- Para la valoración global puede afirmarse que el tratamiento con luz (grupo B) resultó significativamente más efectivo que el tratamiento sin luz (grupo A) ($p=0,111$).
- No hay diferencias entre aplicar 2 sesiones sin luz (A) y 1 sola sesión con luz (B), p -valor=1.
- Dos sesiones con luz (grupo B) implican un beneficio significativamente mayor que 1 sesión sin luz (grupo A), p -valor $<0,001$.
- En grupo A (sin luz) como en grupo B (con luz) el cambio global (inicio-sesión 2) es significativamente mayor que el cambio tras 1 sesión (inicio-sesión 1), $p=0,001$.
- El cambio tras la 1ª sesión (inicio-sesión 1) es significativamente mayor que el cambio de 1ª a 2ª sesión, $p<0,001$.

9.2 Limitaciones del estudio

- Estudio en vitro con dientes humanos.
- Pigmentación artificial con té negro.
- Dientes extraídos han sido almacenados en agua destilada y Thymol al 0.5% que es diferente del medio bucal.
- Debido al uso de férulas de posición para medir el color exactamente en el mismo sitio del diente se han realizado 2 mediciones cada vez y se ha notado que con el espectrofotómetro no se habían diferencias significativas pero estaban presentes.
- Variabilidad dientes anteriores utilizados ya que hay incisivos maxilares, mandibulares y caninos.

10. CONCLUSIÓN

Las conclusiones del estudio *in vitro* sobre blanqueamiento dental que hemos realizado, respondiendo a los objetivos previamente planteados y dentro de las limitaciones, son:

10.1 Conclusión principal

El grupo tratado con peróxido de hidrogeno al 37% con aplicación de luz LED ha obtenido mejores resultados de manera estadísticamente significativa, respecto al grupo al que se le ha aplicado el mismo producto blanqueador sin ser activado con luz LED.

10.2 Conclusiones secundarias

- Se ha obtenido una mayor diferencia de color, y por lo tanto un mejor resultado tras la primera sesión de blanqueamiento comparado con el Delta E entre la primera sesión y la segunda sesión o final, de manera estadísticamente significativa en ambos grupos, pero los resultados obtenidos en el grupo B donde se ha utilizado la luz LED mejoran de manera estadísticamente significativa a los obtenidos en el grupo A (sin luz).
- Al estudiar la diferencia de color resultante tras la aplicación del agente blanqueador en la segunda sesión de manera aislada se observa que, aunque la diferencia de color es menor que la obtenida en la primera sesión, también el grupo B (con luz), de manera estadísticamente significativa, obtiene mejores resultados que el grupo A donde no se ha aplicado la luz.
- En ambos grupos el cambio global realizando dos sesiones (inicio-final) es donde se han obtenido los mejores resultados de manera estadísticamente significativa, comparado con los obtenidos con una única sesión. Los resultados en el grupo con luz también en la medición final son superiores de manera estadísticamente significativa. Además no se observan diferencias significativas entre realizar dos sesiones sin luz y una única sesión con luz.

11. BIBLIOGRAFÍA

1. Bhutani N, Venigalla BS, Patil JP, Singh TV, Jyotsna SV, Jain A. Evaluation of bleaching efficacy of 37.5% hydrogen peroxide on human teeth using different modes of activations: An in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry*. 2016;19(3):259–63.
2. Kahler B. Present status and future directions – Managing discoloured teeth. Vol. 55, *International Endodontic Journal*. 2022. p. 922–50.
3. De Oliveira Gallinari M, Fagundes TC, Da Silva LMAV, De Almeida Souza MMB, De Souza Barboza AC, Briso ALF. A new approach for dental bleaching using violet light with or without the use of whitening gel: Study of bleaching effectiveness. *Oper Dent*. 2019;44(5):521–9.
4. Gasmi Benahmed A, Gasmi A, Menzel A, Hrynovets I, Chirumbolo S, Shanaida M, et al. A review on natural teeth whitening. Vol. 64, *Journal of Oral Biosciences*. Japanese Association for Oral Biology; 2022. p. 49–58.
5. Tsujimoto A, Jurado CA, Fischer NG, Takamizawa T. Influence of light irradiation for in-office tooth whitening: A randomized clinical study. *Am J Dent*. 2021;34(4):201–4.
6. Basheer RR, Abouelmagd DM, Alnefaie A, Baamer R. Effect of At-Home Versus Over-the-Counter Bleaching Agents on Enamel Color, Roughness, and Color Stability. *Cureus*. 2023;15(5):39036.
7. Costa JL de SG, Besegato JF, Kuga MC. Bleaching and microstructural effects of low concentration hydrogen peroxide photoactivated with LED/laser system on bovine enamel. *Photodiagnosis Photodyn Ther*. 2021;35.
8. Álvarez-Quiceno D, Rojas-Martínez PA, Cruz-González AC. 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.
9. Guanaes BK de A, Duarte TN, Correr GM, Kaizer M da R, Gonzaga CC. In-office dental bleaching with violet light emitting diode: bleaching efficacy and pulpal temperature rise. *Restor Dent Endod*. 2022;47(1).

10. Fernandes BM, Tanaka MH, De Oliveira ALBM, Scatolin RS. Color stability of dental enamel bleached with violet LED associated with or without Low concentration peroxide gels. *Photodiagnosis Photodyn Ther.* 2021 Mar 1;33.
11. Kury M, Wada EE, da Silva DP, Tabchoury CPM, Giannini M, Cavalli V. Effect of violet led light on in-office bleaching protocols: A randomized controlled clinical trial. *Journal of Applied Oral Science.* 2020;28:1–11.
12. Brugnare AP, Nammour S, Rodrigues JA, Mayer-Santos E, De Freitas PM, Brugnera A, et al. Clinical Evaluation of In-Office Dental Bleaching Using a Violet Light-Emitted Diode. *Photobiomodul Photomed Laser Surg.* 2020;38(2):98–104.
13. Costa JL de SG, Besegato JF, Zaniboni JF, Kuga MC. LED/laser photoactivation enhances the whitening efficacy of low concentration hydrogen peroxide without microstructural enamel changes. *Photodiagnosis Photodyn Ther.* 2021;36.
14. Zhang F, Wu C, Zhou Z, Wang J, Bao W, Dong L, et al. Blue-Light -Activated Nano-TiO₂@PDA for Highly Effective and Nondestructive Tooth Whitening. *ACS Biomater Sci Eng.* 2018;4(8):3072–7.
15. Ribeiro JS, de Oliveira da Rosa WL, da Silva AF, Piva E, Lund RG. Efficacy of natural, peroxide-free tooth-bleaching agents: A systematic review, meta-analysis, and technological prospecting. Vol. 34, *Phytotherapy Research.* 2020. p. 1060–70.
16. da Rosa GRV, Maran BM, Schmitt VL, Loguercio AD, Reis A, Naufel FS. Effectiveness of Whitening Strips Use Compared with Supervised Dental Bleaching: A Systematic Review and Meta-analysis. *Oper Dent.* 2020;45(6):289–307.
17. Maran BM, Ziegelmann PK, Burey A, de Paris Matos T, Loguercio AD, Reis A. Different light-activation systems associated with dental bleaching: a systematic review and a network meta-analysis. Vol. 23, *Clinical Oral Investigations.* 2019. p. 1499–512.
18. Maran BM, Matos T de P, de Castro A dos S, Vochikovski L, Amadori AL, Loguercio AD, et al. In-office bleaching with low/medium vs. high concentrate hydrogen peroxide: A systematic review and meta-analysis. Vol. 47, *Journal of Dentistry.* 2020. p. 7.
19. Anagnostaki E, Mylona V, Kosma K, Parker S, Chala M, Cronshaw M, et al. A spectrophotometric study on light attenuation properties of dental bleaching gels: Potential relevance to irradiation parameters. *Dent J (Basel).* 2020;8(4):137.

20. Ugurlu M, Al-Haj Husain N, Özcan M. Color Change after 25% Hydrogen Peroxide Bleaching with Photoactivation: A Methodological Assessment Using Spectrophotometer versus Digital Photographs. *Materials*. 2022;15(14):1–10.
21. Shahabi S, Assadian H, Nahavandi AM, Nokhbatolfoghahaei H. Comparison of tooth color change after bleaching with conventional and different light-activated methods. *J Lasers Med Sci*. 2018;9(1):27–31.
22. Naik P, Valli K. Comparative study of effects of home bleach and laser bleach using digital spectrophotometer: An in vitro study. *Journal of Conservative Dentistry*. 2022;25(2):161–5.
23. Llena C, Martínez-Galdón O, Forner L, Gimeno-Mallench L, Rodríguez-Lozano FJ, Gambini J. Hydrogen peroxide diffusion through enamel and dentin. *Materials*. 2018;11(9):1694.
24. Kwon SR, Oyoyo U, Li Y. Effect of light activation on tooth whitening efficacy and hydrogen peroxide penetration: An in vitro study. *J Dent*. 2013;41(3):39–45.
25. Silva Daltro TW, Gomes de Almeida SA, Dias MF, Lins-Filho PC, da Silva CHV, Guimarães RP. The influence of violet LED light on tooth bleaching protocols: In vitro study of bleaching effectiveness. *Photodiagnosis Photodyn Ther*. 2020;32.
26. Gottenbos B, de Witz C, Heintzmann S, Born M, Hötzl S. Insights into blue light accelerated tooth whitening. *Heliyon*. 2021;7(2):5913.
27. 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 Med Sci*. 2018;33(9):1913–8.
28. Luong MN, Otsuki M, Shimada Y, Ei TZ, Sumi Y, Tagami J. Effect of lights with various wavelengths on bleaching by 30% hydrogen peroxide. *Lasers Med Sci*. 2019;34(5):901–6.
29. Saeedi R, Omrani LR, Abbasi M, Chiniforush N, Kargar M. Effect of three wavelengths of diode laser on the efficacy of bleaching of stained teeth. *Front Dent*. 2019;16(6):458–64.
30. Abedi P, Mohyadin Z, Hosseini S, Abbasi M, Paper R. Effect of diode laser and light-emitting diode (LED) activated bleaching with 35% hydrogen peroxide on

- microleakage of class-V composite restorations: An in vitro study. *Caspian Journal of Dental Research*. 2022;11:8–14.
31. Erdem RZ, Çellik Ö. Investigation of the bleaching efficiencies of different office type bleaching techniques and the changes caused on the enamel surface. *Lasers Med Sci*. 2023;38(1):211.
 32. Zhong BJ, Yang S, Hong DW, Cheng YL, Attin T, Yu H. The Efficacy of At-home, In-office, and Combined Bleaching Regimens: A Randomized Controlled Clinical Trial. *Oper Dent*. 2023;48(3):E71–80.
 33. Grazioli G, Valente LL, Isolan CP, Pinheiro HA, Duarte CG, Münchow EA. Bleaching and enamel surface interactions resulting from the use of highly-concentrated bleaching gels. *Arch Oral Biol*. 2018 Mar 1;87:157–62.
 34. Alkahtani R, Stone S, German M, Waterhouse P. A review on dental whitening. Vol. 64, *Journal of Oral Biosciences*. Elsevier Ltd; 2022. p. 49–58.
 35. Maran BM, Vochikovski L, de Andrade Hortkoff DR, Stanislawczuk R, Loguercio AD, Reis A. Tooth sensitivity with a desensitizing-containing at-home bleaching gel—a randomized triple-blind clinical trial. *J Dent*. 2018;72:64–70.
 36. Al-Karadaghi TS, Al-Saedi AA, Al-Maliky MA, Mahmood 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.
 37. 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. *Dent Mater J*. 2013;32(5):761–6.
 38. Álvarez-Quinceno Daniela, Rojas-Martinez Paola-Andrea, Cruz-González Alberto-Carlos. Change of dental color and temperature through two bleaching agents boosted with light emi. *Wiley periodicals LLC*. 2021;1–7.
 39. Oteo Calatayud J, Profesor Asociado M, Oteo Calatayud C, Profesor Titular M, Oteo Zaccagnini A, José Calvo Box M, et al. Clinical Efficacy of a Bleaching System Based on Hydrogen Peroxide with or without Light Activation. *Summer*. 2010;5(2):216–24.

40. Mounika A, Mandava J, Roopesh B, Karri G. Clinical evaluation of color change and tooth sensitivity with in-office and home bleaching treatments. *Indian Journal of Dental Research*. 2018;29(4):423–7.
41. Rodrigues JL, Rocha PS, Pardim SL de S, Machado ACV, Faria-e-Silva AL, Seraidarian PI. Association between in-office and at-home tooth bleaching: A single blind randomized clinical trial. *Braz Dent J*. 2018;29(2):133–9.
42. Soares DG, Basso FG, Hebling J, De Souza Costa CA. Concentrations of and application protocols for hydrogen peroxide bleaching gels: Effects on pulp cell viability and whitening efficacy. *J Dent*. 2014;42(2):185–98.
43. Alomari Q, Daraa E El. A randomized clinical trial of in-office dental bleaching with or without light activation. *Journal of Contemporary Dental Practice*. 2010;11(1):17–24.
44. Gómez-Polo C, Montero J, Gómez-Polo M, Martín Casado A. Comparison of the CIELab and CIEDE 2000 Color Difference Formulas on Gingival Color Space. *Journal of Prosthodontics*. 2020;29(5):401–8.
45. Medeiros Maran B, Burey A, de Paris Matos T, Loguercio AD, Reis A, Alessandra Reis Rua Carlos Cavalcanti D. In-office dental bleaching with light vs. without light: A systematic review and meta-analysis. *J Dent*. 2018;1–32.

12. ANEXOS

Anexo I Guía CONSORT modificada por estudios *in vitro*

Item	Description	Page
2	Abstract: either a structured summary of background, research objectives, key experiment methods, principal fundings, and conclusion of the study or self-contained (should contain enough information to enable a good understanding of the rationale for the approach)	2
3	Introduction: background, experimental approach, and explanation of rational/hypothesis	4-14
4	Introduction; preprimary and secondary objectives for the experiments (specific primary/secondary objectives)	15
5	Methods: study design explained number of experimental and control groups, steps to reduce bias (demonstrating the consistency of the experiment (done more than one), sufficient detail for replication, blinding evaluation, etc).	16-18
6	Methods: precise details of experimental procedure (i.e., how, when, where and why)	18-24
7	Methods: how sample size was determined (details of control and experimental group) and sample size calculation	
8	Methods: details of statistical methods and analysis (statistical methods used to compare groups)	25-26
9	Results: explanation for any excluded data, results of each analysis with a measure of precision as standard deviation or standard error or confidence interval	27-30
10	Discussion: interpretation/scientific implications, limitations, and generalizability/translation	31-35
11	Statement of potential conflicts and funding disclosure	
12	Publication in a peer-review journal	45-70

Anexo II

Tabla resultados Delta E

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	54,4	8,25	34,25	66,5	4,3	31,65	70,35	3,2	29,3	12,9912	4,6427	17,4473
2	A	67,85	2,35	27,25	78,65	-1,1	16,7	80,25	-1,15	15,95	15,4869	1,7678	17,1377
3	A	50,45	9,35	34,65	62,85	5,15	33	64,4	4,7	33,4	13,1955	1,6628	14,7576
4	A	67,95	1,05	23,75	77,1	-1,45	16,45	76,65	-1,15	16,75	11,9692	2,6557	11,1669
5	A	66,25	0	20,75	75,3	-3,25	13,25	75,5	-3,45	12,6	12,1949	0,7089	12,8019
6	A	58,05	3,05	30,25	69,3	0,55	28,15	65,95	-0,45	23,35	11,7142	5,9382	11,0576
7	A	57,95	6,65	32,2	77,35	0,7	29,6	80,2	-0,8	25,2	20,4578	5,4528	24,486
8	A	58	2,1	22,5	62,5	0,55	19,9	65,15	0,55	20,75	5,4233	2,783	7,5225
9	A	73,5	-0,6	22,95	81,65	-2,55	18,75	80,8	-3	17,9	9,3736	5,6787	9,1952
10	A	66,65	1,2	24	76,2	-2,05	18,3	79,8	-2,6	17,75	11,5868	3,6831	15,0474
11	A	71,4	2,05	31,5	75,9	0,7	25,1	74,8	1,15	22,2	7,9393	3,1341	9,9428
12	A	65,1	0,085	22,065	63,85	2,05	13,3	66,2	2,25	12,5	9,0691	2,4905	9,8685
13	A	71,35	4,525	36,35	76,25	0	26,9	76,55	0,55	25,4	11,5667	1,6256	12,7571
14	A	72,25	5,04	37,5	77,95	0,8	28,7	78,7	0,4	27,7	11,3096	1,7241	12,6163
15	A	75,3	1,065	29,7	79,65	1	22,95	83,05	1,15	23,75	8,0305	3,4961	9,771
16	A	67,75	6,545	42	74,7	1,9	36,35	73,35	1,2	33,65	10,0896	3,0988	11,3865
17	A	66,6	3,045	39,25	73,75	0,2	31,4	75,95	1,15	28,65	10,9927	3,6476	14,2609
18	A	69,15	3,055	32,05	69,85	0,2	22,7	71,8	0,85	21,35	9,8012	2,4592	11,2416
19	A	61,2	3,035	30	67,85	0,65	22,7	70,25	0,7	22,55	10,1588	2,4052	11,9523
20	A	73,55	4,085	37,2	79,95	0,3	28,3	79,7	0,15	27,8	11,5973	0,5788	11,9024

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	B	60,2	3,15	29,05	68,8	0,65	23,85	71,45	-0,2	21,35	10,3562	3,741	14,0383
2	B	51,25	4,45	27,75	66,45	-0,7	19,15	69,35	-1,45	16,95	18,2078	3,7165	21,8874
3	B	60,6	2,95	26,85	68,3	0,7	21,2	69,1	0,15	19,45	9,812	2,0012	11,6125
4	B	54,75	3,3	29,8	63,2	1,9	27,4	63,2	1,1	25,65	8,8951	1,9242	9,6677
5	B	72,25	1,45	25,45	83,25	-1,5	16	83,55	-1,3	16	14,7988	0,3606	14,9852
6	B	60,6	2,55	24,4	74,85	-0,85	18,3	73,35	-1	15,2	15,8692	3,4471	16,1185
7	B	59,9	0,7	22,5	71,2	-1,5	17,05	70,7	-1,85	14,05	12,7371	3,0615	13,9479
8	B	61,25	1,7	25,9	72,85	-0,4	21,35	75,15	-1,15	16,65	12,6362	5,2861	16,938
9	B	70,65	0,5	21,5	78,15	-1,75	13,05	79,2	-1,85	11,95	11,5202	1,524	13,0318
10	B	2	10	30,7	76,9	-0,9	21,05	77,4	-1,45	18,3	40,3665	2,8487	41,7167
11	B	67,45	3,065	31,4	74,25	1,4	28,95	76,2	0,85	22,8	7,4172	6,4751	12,4671
12	B	84,15	1,56	32,05	87,55	0,65	25,4	89,4	1,1	22,4	7,524	3,5532	10,9953
13	B	66,85	6,065	37,2	72,45	0,55	24,1	76,8	0,65	19,8	15,277	6,1174	20,7626
14	B	82,5	0,065	28,75	79,3	2,3	18,35	81,65	2,4	13,9	11,1083	5,0334	15,0565
15	B	65,35	3,045	33,2	72,25	1,3	22,7	76,2	2,2	18,05	12,6848	6,1673	18,6537
16	B	57,55	5,56	34,55	64,45	1,1	27,6	63,1	0,4	23,45	10,7612	4,4198	13,4402
17	B	72,7	3,02	31,9	78,55	0,05	23,6	80,1	0,9	20,15	10,5799	3,8765	14,047
18	B	70,85	36,22	31,55	78,35	0,95	19	80,25	1,05	18,45	38,1802	1,9805	38,6898
19	B	72,5	3,01	31,9	77,8	0,75	21,65	75,75	0,75	19,65	11,7584	2,864	12,8737
20	B	74,5	3,555	34,8	80,05	0,3	23,55	80,8	0,3	21,1	12,9599	2,5622	15,4264

Anexo III



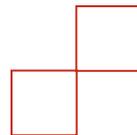
Anabel Gramatges Roja en calidad de Director de Odontología,

he sido informado por el investigador principal sobre el proyecto " Uso de la luz LED como mecanismo de activación del peróxido de hidrógeno al 37% (Pola Office®) en el blanqueamiento: estudio in vitro", del alumno Alessio Nichelatti y tutorizado por la Dra. Arantxa Climent Gil.

Doy el visto bueno para su ejecución en Valencia en los términos planteados en el proyecto.

Directora de Departamento Pre-clínico Odontología
Anabel Gramatges Rojas

Clínica Universitaria Odontológica/Departamento Preclínico de Odontología, 20 de diciembre de 2023.



**Uso de la luz LED como mecanismo de
activación del peróxido de hidrógeno al 37%
(Pola Office®) en el blanqueamiento dental:
estudio *in vitro***

Autores:

Alessio Nichelatti¹, Arantxa Climent Gil²

¹Estudiante 5º año grado de odontología, Universidad Europea de Valencia, Valencia, España

²DDs, Phd, profesor facultad de odontología, Universidad Europea de Valencia, Valencia, España

Correspondiente:

Universidad Europea de Valencia

Paseo de la Alameda, 7

46010 – Valencia, Spain

alenichelatti@gmail.com

RESUMEN

Introducción: hoy en día se da gran importancia al color dental y la estética que conlleva tener dientes claros. El método menos invasivo y más fácil es a través del blanqueamiento dental sobre la superficie externa de los dientes. En este estudio se evalúa la diferencia de blanqueamiento dental utilizando peróxido de hidrógeno al 37% combinado con luz LED o sin fotoactivación.

Materiales y métodos: se realizó un estudio in vitro utilizando 40 dientes anteriores humanos extraídos. Se utilizaron varios criterios de inclusión y exclusión, se dividieron en 2 grupos de 20 dientes cada uno. Grupo A (dientes no fotoactivados con luz LED) y grupo B (dientes sometidos a luz LED). Sucesivamente se realizaron 3 aplicaciones de blanqueamiento (Pola Office®, peróxido de hidrógeno al 37,5%) durante 2 sesiones a distancia de 1 semana.

Con el espectrofotómetro (Vita EasyShade) se midieron las coordenadas L*, a* y b* antes y después del blanqueamiento. Se midieron los ΔE resultantes y se aplicó la estadística con análisis descriptivo y analítico.

Resultados: las variaciones de color registradas son significativamente distintas en los 3 intervalos de inicio-sesión 1-sesión 2 ($p < 0,001$).

En ambos grupos el cambio inicio-sesión 2 es significativamente mayor que el cambio tras 1 sesión (inicio-sesión 1), $p = 0,001$.

El cambio tras la 1ª sesión es significativamente mayor que el cambio de 1ª a 2ª sesión, $p < 0,001$.

El tratamiento B (con luz) resultó significativamente más efectivo que el tratamiento A (sin luz) ($p = 0,111$).

Conclusiones: las conclusiones que comparan los dos grupos A (sin luz) y B (con luz) han visto como la fotoactivación con luz LED (grupo B) ha obtenido mejores resultados respecto a la no fotoactivación (grupo A). La luz LED mejora el proceso de blanqueamiento dental con peróxido de hidrógeno al 37%.

PALABRAS CLAVES: Blanqueamiento dental - Peróxido de hidrógeno al 37% - Dientes anteriores - Discoloración - Cambio de color - Espectrofotómetro - Luz LED

INTRODUCCIÓN

Hace más de 30 años, se desarrolló la primera técnica de blanqueamiento dental (4).

La búsqueda de una mejor estética y sonrisa de manera conservadora ha producido que en la última década haya un aumento de demanda para este tipo de tratamiento eliminando todas las discromías posibles (6,20).

Las pigmentaciones dentales (intrínsecas y extrínsecas) son oxidadas a través de las especies reactivas del oxígeno (ROS) y este proceso causa la degradación y el blanqueamiento de los dientes (3). El peróxido de hidrógeno actúa oxidando las moléculas (7).

El peróxido de hidrógeno (H₂O₂) y peróxido de carbamida son los 2 principales principios activos de los geles blanqueadores y son disponibles en varias concentraciones. Peróxido de hidrógeno puro desde 3% hasta 38% mientras el peróxido de carbamida desde 10% hasta 35% (19,21).

Hay varias fuentes luminosas que se utilizan en el procedimiento de blanqueamiento dental que se traducen con un aumento de poder blanqueador y reducción del tiempo de interacción del producto sobre el diente (3,10,19).

En nuestro estudio hemos utilizado la luz LED al ser la fuente más común (27).

La medición objetiva del color de los dientes después del blanqueamiento se da mediante la utilización del espectrofotómetro (8).

Tras haber investigado en las varias bases de datos, se ha notado que en los últimos 5 años existe una falta de evidencia científica en la literatura a nuestro alcance sobre la eficacia real de la luz como activador.

Se han centrado más en ver los efectos secundarios (hipersensibilidad, erosión dental, efectos sobre la pulpa) de los productos blanqueadores y las posibles soluciones para evitarlo (3,13,19,33).

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó este estudio *in-vitro* sobre 40 dientes extraídos del sector anterior de humanos adultos. Se utilizaron incisivos centrales superiores, incisivos laterales superiores, caninos superiores, incisivos centrales inferiores, incisivos laterales inferiores y caninos inferiores. Este estudio experimental cuenta con la aprobación de la Clínica Universitaria Odontología/Departamento Preclínico de Odontología el día 20 de diciembre de 2023.

Los dientes seleccionados para la muestra tenían que seguir algunos criterios de inclusión y exclusión.

Criterios de inclusión:

- Pacientes adultos
- Dientes definitivos de sector anterior
- Dientes recién extraídos por motivos de ortodoncia o enfermedad periodontal
- Integridad de la corona
- Libre de anomalías en la superficie de esmalte, como grietas y fracturas

Criterios de exclusión:

- Hipoplasia del esmalte
- Hipomineralización de esmalte
- Dientes con caries
- Dientes con restauraciones
- Dientes con tratamiento endodóntico previo
- Dientes con opacidades
- Dientes temporales

Material empleado

- Preparación del operador y de los dientes:
 - Operador: bata, guantes, mascarilla, bandeja, gafas de protección
 - Dientes: aspirador de saliva con punta, algodones, gasas
- Limpieza de los dientes: curetas periodontales tipo Gracey (Hufredy), pasta abrasiva piedra Pómez, cepillo de profilaxis, contraangulo.
- Solución para la conservación de los dientes: agua destilada, solución de Thymol al 0.5%.
- Instrumental para seccionar los dientes: discos de diamante, contraangulo.
- Tinción de los dientes: solución de té negro, 500 ml de agua y 16 gr de té.
- Preparación de las bases y férulas:
 - Base: resina acrílica fotopolimerizable (Impression tray resin Ic)
 - Férulas: maquina termovacío, planchas de 0,4 mm de grosor, punch.

- Blanqueamiento: jeringas con agente blanqueador a base de peróxido de hidrógeno al 37% (Pola Office®), lámpara luz LED convencional de arco completo (Radii Xpert SDI).
- Instrumental para la medición del color: espectrofotómetro (Vita Easy Shade).

Preparación de especímenes

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

Los dientes se almacenaron en un frasco que contenía una solución de agua destilada y thymol antes de empezar el experimento evitando soluciones que podían alterar el color inicial (6). Se realizó una limpieza manual mediante el uso de curetas periodontales tipo Gracey (Hufredy®) y sucesivamente profilaxis utilizando el cepillo de profilaxis montado en contraángulo a baja velocidad. Por último, se pasó pasta abrasiva y piedra pómez (3). Siguiendo los pasos de los varios estudios como el de Al-Karadaghi y cols. (2016) y Álvarez-Quinceno y cols. (2021), los especímenes fueron seccionados y cortados por la raíz a 2 mm por debajo de la línea amelo-cementaria (LAM), utilizando un disco de diamante para contraángulo quedándonos únicamente las coronas dentales (36–38). Sucesivamente se sumergieron todos los dientes cortados en una solución de Thymol al 0.5% hasta que se empezó el tratamiento de blanqueamiento (3,7,13).

Luego fueron teñidos con una solución de té negro: 500 ml de agua y 16 gr de té (10 sobres de té negro, Hacendado), siguiendo lo realizado en diferentes estudios como el de Costa y cols. (2021), Gallinari y cols. (2019) y Grazioli y cols. (2018) (3,7,13,33).

El protocolo de tinción consistía en 4 ciclos: 18 horas en 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 (25,39).

Realización del blanqueamiento

Se prepararon los dientes cortados para la realización del protocolo de blanqueamiento. Cada muestra se incluyó y polimerizó en un bloque de resina acrílica fotopolimerizable (Impression tray resin Ic), con la superficie vestibular expuesta para que sea alcanzable por la luz LED (7,25,27).

Para medir el color siempre en la misma zona del diente, se confeccionaron férulas de posicionamiento utilizando planchas termoplásticas de 0,4 mm de grosor. Se realizaron con máquina de termovaciado donde se posicionaron los bloques de resina acrílica con los dientes incorporados y se confeccionaron dichas planchas a medida; se realizaron perforaciones en el centro de cada diente que será el lugar donde medir el color. Estos orificios se crearon utilizando un Punch, como realizaron Silva Daltro y cols. (2020) (25). A continuación, las muestras se dividieron en dos grupos de 20 dientes.

El protocolo de blanqueamiento dental consiste en jeringas de gel blanqueador a base de peróxido de hidrógeno al 37% de la casa comercial Pola Office®. El protocolo ha sido planteado siguiendo las instrucciones de la casa comercial del agente blanqueador.

1. Antes de empezar fue determinado y registrado el color inicial de las muestras con el uso del espectrofotómetro (Vita EasyShade).
2. Se limpiaron los dientes con cepillo de profilaxis en contraángulo y piedra pómez.
3. Para aplicar el agente blanqueador se utilizó una punta a forma de “cepillo” adaptado sobre la jeringa blanqueadora. Así se aplicó una capa homogénea y delgada de gel sobre los dientes como pone en las instrucciones del producto.
4. Se dejó actuar el agente blanqueador sobre los dientes durante 8 minutos y una vez terminado el tiempo se retiró el gel con punta aspiradora. En un grupo durante los 8 minutos se aplicó la luz LED de arco completo fotoactivando el producto, mientras en el otro grupo se dejó actuar durante 8 minutos sin el apoyo de la luz.
5. Entre cada una de las aplicaciones el agente blanqueador se retiró con una gasa humedecida y sucesivamente con una segunda gasa sin humedecer para secar la superficie del esmalte.
6. Se realizaron en total tres aplicaciones del producto blanqueador en cada sesión y se hicieron 2 sesiones con la segunda a una semana de distancia de la primera.
7. Al terminar la última aplicación de cada sesión el agente blanqueador se retiró por completo y se enjuagaron los dientes con agua de la jeringa de aire-agua durante 20 segundos y se almacenaron nuevamente en agua destilada.

Recogida de datos

En ambos grupos se registró el color inicial de los dientes, después de realizar la primera sesión de blanqueamiento y al final de la segunda sesión, mediante el uso de un espectrofotómetro (Vita EasyShade).

Para mejorar validez y fiabilidad del estudio se hicieron dos mediciones idénticas sobre el mismo diente de manera que con los datos obtenidos se realizó una media de las coordenadas L, a* y b*.

RESULTADOS

Análisis descriptivo

En el Grupo A (sin luz) compuesto por 20 dientes vemos una media de diferencia de color (ΔE) de 11,25 entre el inicio y la primera sesión, de 2,98 entre la primera y la segunda sesión y una media de 12,82 entre el inicio y la segunda sesión final.

En el Grupo B (con luz) compuesto por 20 dientes vemos una media de diferencia de color (ΔE) de 14,67 entre en inicio y la primera sesión, de 3,55 entre la primera y la segunda sesión y una media de 17,32 entre el inicio y la segunda sesión final.

En todos los casos la segunda sesión por si sola ha sido la menos impactante si nos atendemos a los datos de la tabla 1.

Según los objetivos planteado estos han sido los resultados:

Evaluar la eficacia del peróxido de hidrógeno al 37% activado con la luz LED durante el blanqueamiento dental en los dientes anteriores mediante la diferencia de color calculada con la ecuación ΔE .

Después de analizar los efectos del blanqueamiento en los grupos A y B, considerando globalmente los efectos de las distintas sesiones, se encontró una diferencia estadísticamente significativa ($p < 0,001$) en el promedio del color entre los grupos, con los resultados mejores registrados en el grupo sometido a fotoactivación con luz LED.

Comparar la diferencia de color (ecuación ΔE) entre el color inicial y la primera sesión de blanqueamiento en los diferentes grupos.

Después de examinar los efectos del blanqueamiento con ecuación ΔE entre inicio y primera sesión se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los valores ($p < 0,001$) tanto en el grupo A como en el grupo B.

Comparar la diferencia de color (ecuación ΔE) entre la primera sesión y la última sesión de blanqueamiento en los diferentes grupos.

Después de examinar los efectos del blanqueamiento con ecuación ΔE entre la primera y la última sesión (sesión 1 - sesión 2), se detectaron diferencias estadísticamente significativas entre los valores ($p < 0,001$).

Resultados similares se observaron en ambos grupos al evaluar los efectos del blanqueamiento durante las mismas sesiones (primera y segunda).

Comparar la diferencia de color (ecuación ΔE) entre el color inicial y la última sesión de blanqueamiento en los diferentes grupos.

Examinando ambos grupos de forma independiente, el grupo A y el grupo B, se revelaron diferencias estadísticamente significativas ($p < 0,001$) al comparar la variación de color, medida a través de la ecuación ΔE , entre los diferentes especímenes al inicio del estudio y después de dos sesiones de blanqueamiento.

DISCUSIÓN

En nuestro estudio se evaluó la diferencia de capacidad del producto blanqueador para la descomposición de las moléculas cromogénica si sometidas a luz LED o no.

Para la conservación de los dientes en solución de thymol nos atendemos a los estudios de Basheer y cols. (2023), De Oliveira Gallinari y cols. (2019), Costa y cols. (2021), Costa y cols. (2021) (3,6,7,13).

Nuestro experimento con producto Pola Office consistía en 3 aplicaciones de 8 minutos durante 2 sesiones, con la segunda a la semana.

En el Grupo A los 8 minutos han sido sin aplicación de luz mientras en el Grupo B han sido 8 minutos combinados con luz.

El mismo producto Pola Office+ y la misma lámpara LED (Ratii Xpert, SDI) han sido utilizados en el estudio de Ergin y cols. (2018). Ellos utilizando el producto durante 8

minutos pero con fotopolimerización LED solamente durante 20 segundos en cada una de las 3 aplicación (27).

Según el estudio de Wang y cols. aunque es del año 2013 el blanqueamiento con luz mejora el color dental y aún más cuando el tiempo de exposición es superior a los 10 minutos respecto a los 8 minutos (37).

No obstante hay diferencia con el estudio de De Oliveira Gallinari y cols. (2019) que consistía en sesiones de blanqueamiento durante 30 minutos, con 20 ciclos que implicaban un minuto de irradiación con intervalos de 30 segundos entre los ciclos. En el mismo estudios verificaron que la luz LED no influyó en el resultado final si utilizada junto a peróxido de hidrógeno al 35%, mientras potenció el efecto blanqueador si combinada con peróxido de hidrógeno al 16-17.5% (3,40).

Una valida alternativa para obtener resultados de blanqueamiento dental es a través de la combinación con técnicas realizadas en consulta y en casa; en esta última hay varias ventajas. Por ejemplo, el hecho de ahorrar tiempo en la consulta dado que suelen ser necesarias más sesiones de blanqueamiento para obtener resultados satisfactorios (41). Con esto llegamos a concluir que al día de hoy para obtener máximo resultado con minimos efectos secundarios y adversos es aconsejable hacer un tratamiento de blanqueamiento combinado, en clínica con altas concentraciones de peróxido de hidrógeno y acabar en casa con bajas concentraciones. (40)

Según los resultados mostrados en la tabla 1 se puede distinguir la diferencia de datos positivos obtenidos aplicando el producto y activándolo con luz a diferencia de la muestra no activadas por luz.

Esta hipótesis es diferente si comparada con el estudio de Grazioli y cols. (2018) donde se demuestra que la aplicación de luz no mejora la eficacia del blanqueamiento incluso si se utilizan productos muy concentrados (33).

El L^* , a^* y b^* son las tres variables que miden esta diferencia del color a través de un espectrofotometro. Para medir la diferencia y el cambio de color sobre el esmalte de los dientes aprovechamos del Delta E (ΔE).

Las limitaciones del estudio son: estudio en vitro con dientes humanos, pigmentación artificial con té negro, dientes extraídos han sido almacenados en agua destilada y

Thymol al 0.5% que es diferente del medio bucal, debido al utilizo de férulas de posición para medir el color exactamente en el mismo sitio del diente se han realizado 2 mediciones cada vez y se ha notado que con el espectrofotómetro no se habían diferencias significativas pero estaban presentes. Además de la variabilidad respecto a dientes anteriores utilizados ya que hay incisivos maxilares, mandibulares y caninos.

Las conclusiones comparando los dos grupos A (sin luz) y B (con luz) mostraron que la fotoactivación con luz LED (grupo B) obtuvo mejores resultados que la no fotoactivación (grupo A). La luz LED mejora el proceso de blanqueamiento dental con peróxido de hidrógeno al 37%.

BIBLIOGRAFÍA

1. Gasmi Benahmed A, Gasmi A, Menzel A, Hrynovets I, Chirumbolo S, Shanaida M, et al. A review on natural teeth whitening. Vol. 64, Journal of Oral Biosciences. Japanese Association for Oral Biology; 2022. p. 49–58.
2. Basheer RR, Abouelmagd DM, Alnefaie A, Baamer R. Effect of At-Home Versus Over-the-Counter Bleaching Agents on Enamel Color, Roughness, and Color Stability. Cureus. 2023;15(5):39036.
3. Ugurlu M, Al-Haj Husain N, Özcan M. Color Change after 25% Hydrogen Peroxide Bleaching with Photoactivation: A Methodological Assessment Using Spectrophotometer versus Digital Photographs. Materials. 2022;15(14):1–10.
4. De Oliveira Gallinari M, Fagundes TC, Da Silva LMAV, De Almeida Souza MMB, De Souza Barboza AC, Briso ALF. A new approach for dental bleaching using violet light with or without the use of whitening gel: Study of bleaching effectiveness. Oper Dent. 2019;44(5):521–9.
5. Costa JL de SG, Besegato JF, Kuga MC. Bleaching and microstructural effects of low concentration hydrogen peroxide photoactivated with LED/laser system on bovine enamel. Photodiagnosis Photodyn Ther. 2021;35.
6. Shahabi S, Assadian H, Nahavandi AM, Nokhbatolfoghahaei H. Comparison of tooth color change after bleaching with conventional and different light-activated methods. J Lasers Med Sci. 2018;9(1):27–31.

7. Anagnostaki E, Mylona V, Kosma K, Parker S, Chala M, Cronshaw M, et al. A spectrophotometric study on light attenuation properties of dental bleaching gels: Potential relevance to irradiation parameters. *Dent J (Basel)*. 2020;8(4):137.
8. Fernandes BM, Tanaka MH, De Oliveira ALBM, Scatolin RS. Color stability of dental enamel bleached with violet LED associated with or without Low concentration peroxide gels. *Photodiagnosis Photodyn Ther*. 2021;33.
9. 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 Med Sci*. 2018;33(9):1913–8.
10. Álvarez-Quiceno D, Rojas-Martínez PA, Cruz-González AC. 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.
11. Costa JL de SG, Besegato JF, Zaniboni JF, Kuga MC. LED/laser photoactivation enhances the whitening efficacy of low concentration hydrogen peroxide without microstructural enamel changes. *Photodiagnosis Photodyn Ther*. 2021;36.
12. Grazioli G, Valente LL, Isolan CP, Pinheiro HA, Duarte CG, Münchow EA. Bleaching and enamel surface interactions resulting from the use of highly-concentrated bleaching gels. *Arch Oral Biol*. 2018;87:157–62.
13. Al-Karadaghi TS, Al-Saedi AA, Al-Maliky MA, Mahmood 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.
14. 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. *Dent Mater J*. 2013;32(5):761–6.
15. Álvarez-Quinceno Daniela, Rojas-Martinez Paola-Andrea, Cruz-González Alberto-Carlos. Change of dental color and temperature through two bleaching agents boosted with light emi. *Wiley periodicals LLC*. 2021;1–7.
16. Oteo Calatayud J, Profesor Asociado M, Oteo Calatayud C, Profesor Titular M, Oteo Zaccagnini A, José Calvo Box M, et al. Clinical Efficacy of a Bleaching System

Based on Hydrogen Peroxide with or without Light Activation. Summer. 2010;5(2):216–24.

17. Silva Daltro TW, Gomes de Almeida SA, Dias MF, Lins-Filho PC, da Silva CHV, Guimarães RP. The influence of violet LED light on tooth bleaching protocols: In vitro study of bleaching effectiveness. Photodiagnosis Photodyn Ther. 2020;32.
18. Mounika A, Mandava J, Roopesh B, Karri G. Clinical evaluation of color change and tooth sensitivity with in-office and home bleaching treatments. Indian Journal of Dental Research. 2018;29(4):423–7.
19. Rodrigues JL, Rocha PS, Pardim SL de S, Machado ACV, Faria-e-Silva AL, Seraidarian PI. Association between in-office and at-home tooth bleaching: A single blind randomized clinical trial. Braz Dent J. 2018;29(2):133–9.

ANEXOS:



Fig. 10: dientes en soluciones de té negro



Fig. 2: férulas de posicionamiento



Fig. 3: producto blanqueador (pola office +)



Fig. 11: medición con espectrofotometro

		GRUPO		
		Total	A	B
delta E inicio_s1	N	40	20	20
	Media	12,96	11,25	14,67
	Desviación típica	6,76	3,08	8,84
	Mínimo	5,42	5,42	7,42
	Máximo	40,37	20,46	40,37
	Percentil 25	9,95	9,59	10,47
	Mediana	11,58	11,44	12,20
	Percentil 75	12,98	12,08	15,04
delta E s1_s2	N	40	20	20
	Media	3,26	2,98	3,55
	Desviación típica	1,60	1,53	1,66
	Mínimo	,36	,58	,36
	Máximo	6,48	5,94	6,48
	Percentil 25	1,99	1,75	2,28
	Mediana	3,08	2,72	3,50
	Percentil 75	4,15	3,67	4,73
delta E inicio_s2	N	40	20	20
	Media	15,07	12,82	17,32
	Desviación típica	6,82	3,74	8,41
	Mínimo	7,52	7,52	9,67
	Máximo	41,72	24,49	41,72
	Percentil 25	11,31	10,50	12,95
	Mediana	13,24	11,93	14,52
	Percentil 75	15,77	14,51	17,80

Tabla 1: delta E entre aplicaciones según grupo

Use of LED light as an activation mechanism for 37% hydrogen peroxide (Pola Office®) in tooth bleaching: an in vitro study.

Authors:

Alessio Nichelatti¹, Arantxa Climent Gil²

¹Student 5th year dental degree, Universidad Europea de Valencia, Valencia, Spain.

²DDs, Phd, Professor Faculty of Dentistry, Universidad Europea de Valencia, Valencia, Spain

Correspondence

Universidad Europea de Valencia

Paseo de la Alameda, 7

46010 – Valencia, Spain

alenichelatti@gmail.com

ABSTRACT

Introduction: Nowadays great importance is attached to tooth colour and the aesthetics of having light teeth. The least invasive and easiest method is through tooth whitening on the outer surface of the teeth. This study evaluates the difference in tooth bleaching using 37% hydrogen peroxide combined with LED light or without photoactivation.

Materials and methods: An *in-vitro* study was performed using 40 extracted human anterior teeth. Several inclusion and exclusion criteria were used, divided into 2 groups of 20 teeth each. Group A (teeth not photoactivated with LED light) and group B (teeth subjected to LED light). Three bleaching applications (Pola Office®, 37.5% hydrogen peroxide) were successively carried out during two sessions at a distance of one week. With the spectrophotometer (Vita EasyShade) the L*, a* and b* chordates were measured before and after bleaching. The resulting ΔE were measured and statistics were applied with descriptive and analytical analysis.

Results: The colour variations recorded are significantly different in the 3 intervals of start-session1-session2 ($p < 0.001$).

In both groups the change at baseline-session 2 is significantly greater than the change after 1 session (baseline-session 1), $p = 0.001$.

The change after session 1 is significantly greater than the change from session 1 to session 2, $p < 0.001$.

Treatment B (with light) was significantly more effective than treatment A (without light) ($p = 0.111$).

Conclusions: the conclusions comparing the two groups A (without light) and B (with light) showed that photoactivation with LED light (group B) obtained better results than non-photoactivation (group A). LED light improves the tooth whitening process with 37% hydrogen peroxide.

KEY WORDS: Tooth whitening - Hydrogen peroxide 37% - Anterior teeth - Discolouration - Colour change - Spectrophotometer - LED light

INTRODUCTION

More than 30 years ago, the first tooth whitening technique was developed (1).

The search for better aesthetics and a conservative smile has led to an increase in demand for this type of treatment in the last decade, eliminating all possible dyschromias (2,3).

Dental pigmentations (intrinsic and extrinsic) are oxidised through reactive oxygen species (ROS) and this process causes degradation and whitening of the teeth (4). Hydrogen peroxide acts by oxidising the molecules (5).

Hydrogen peroxide (H₂O₂) and carbamide peroxide are the 2 main active ingredients of whitening gels and are available in various concentrations. Pure hydrogen peroxide ranges from 3% to 38% while carbamide peroxide ranges from 10% to 35% (6,7).

There are various light sources used in the tooth whitening procedure that result in increased whitening power and reduced interaction time of the product on the tooth (4,7,8).

In our study, we used LED light as it is the most common source (9).

The objective measurement of tooth colour after bleaching is done by using a spectrophotometer (10).

After researching in the various databases, it has been noted that in the last 5 years there is a lack of scientific evidence in the available literature on the real efficacy of light as an activator.

The focus has been more on the side effects (hypersensitivity, dental erosion, effects on the pulp) of bleaching products and possible solutions to avoid them (4,7,11,12).

MATERIALS AND METHODS

This *in-vitro* study was carried out on 40 teeth extracted from the anterior sector of adult humans. Upper central incisors, upper lateral incisors, upper canines, lower central incisors, lower lateral incisors and lower canines were used. This experimental study was approved by the University Dental Clinic/Preclinical Department of Dentistry on 20 December 2023.

The teeth selected for the sample had to follow some inclusion and exclusion criteria.

Inclusion criteria:

- Adult patients
- Permanent anterior teeth
- Newly extracted teeth for orthodontic reasons or periodontal disease
- Crown integrity
- Free of enamel surface abnormalities such as cracks and fractures

Exclusion criteria:

- Enamel hypoplasia
- Hypomineralisation of enamel
- Teeth with caries
- teeth with restorations
- Teeth with previous endodontic treatment
- Teeth with opacities
- Temporary teeth

Material used

- Preparation of the operator and teeth:
 - Operator: gown, gloves, mask, tray, goggles, goggles
 - Teeth: saliva ejector with tip, cotton swabs, gauze pads
- Tooth cleaning: periodontal currettes type Gracey (Hufredy), pumice abrasive paste, prophylaxis brush, contra-angle handpiece.
- Tooth preservation solution: distilled water, 0.5% Thymol solution.
- Instruments for sectioning teeth: diamond discs, contra-angle handpiece.
- Staining of teeth: black tea solution, 500 ml of water and 16 g of tea.
- Preparation of bases and splints:
 - Base: light-curing acrylic resin (Impression tray resin Ic).
 - Splints: thermovacuum machine, 0.4 mm thick plates, punch.
- Bleaching: syringes with 37% hydrogen peroxide-based bleaching agent (Pola Office®), conventional full-arc LED light (Radii Xpert SDI).
- Instruments for colour measurement: spectrophotometer (Vita Easy Shade).

Specimen preparation

Teeth were examined and those that did not meet the above criteria were excluded.

The teeth were stored in a flask containing a solution of distilled water and thymol before starting the experiment, avoiding solutions that could alter the initial colour (2). Manual cleaning was performed using periodontal curettes of the Gracey type (Hufredy®) and successively prophylaxis using the prophylaxis brush mounted in contra-angle at low speed. Finally, abrasive paste and pumice stone were used (4).

Following the passages of various studies such as Al-Karadaghi et al. (2016) and Álvarez-Quinceno et al. (2021), the specimens were sectioned and cut at the root 2 mm below the amelo-cementary line (AML), using a contra-angle diamond disc, leaving only the dental crowns (13-15).

Subsequently, all cut teeth were immersed in a 0.5% Thymol solution until the bleaching treatment was started (4,5,11).

They were then stained with a black tea solution: 500 ml of water and 16 g of tea (10 sachets of black tea, Hacendado), following studies by Costa et al. (2021), Gallinari et al. (2019) and Grazioli et al. (2018) (4,5,11,12). The staining protocol consisted of 4 cycles: 18 hours in black tea immersion with 6 hours 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 (16,17).

Bleaching procedure

The cut teeth were prepared for the bleaching protocol. Each sample was embedded and polymerised in a light-curing acrylic resin block (Impression tray resin Ic), with the vestibular surface exposed so that it is reachable by light (5,9,17). To measure the shade always in the same area of the tooth, positioning splints were made using 0.4 mm thick thermoplastic sheets. They were made with a thermovacuum machine where the acrylic resin blocks were positioned with the teeth incorporated and these plates were made to measure; perforations were made in the centre of each tooth, which will be the place where the colour will be measured. These holes were created using a Punch, as performed by Silva Daltro et al (2020) (17).

The samples were then divided into two groups of 20 teeth.

The tooth whitening protocol consisted of 37% hydrogen peroxide-based bleaching gel syringes from Pola Office®. The protocol was designed according to the instructions of the bleaching agent manufacturer.

1. Before starting, the initial colour of the samples was determined and recorded with the use of a spectrophotometer (Vita EasyShade).
2. The teeth were cleaned with a contra-angle prophylaxis brush and pumice stone.
3. To apply the bleaching agent, a "brush" tip adapted on the bleaching syringe was used. Thus a homogeneous and thin layer of gel was applied on the teeth as stated in the product instructions.
4. The whitening agent was left to act on the teeth for 8 minutes and at the end of this time the gel was removed with a vacuum tip. In one group, during the 8 minutes, a full-arc LED light was applied to photo-activate the product, while in the other group, the product was left to act for 8 minutes without the support of the light.
5. Between each application, the bleaching agent was removed with a moistened gauze and then with a second unmoistened gauze to dry the enamel surface.
6. A total of three applications of the bleaching product were made at each session and 2 sessions were made with the second one a week after the first one.
7. At the end of the last application of each session the bleaching agent was completely removed and the teeth were rinsed with water from the air-water syringe for 20 seconds and stored again in distilled water.

Data collection

In both groups, the initial colour of the teeth was recorded after the first bleaching session and at the end of the second session, using a spectrophotometer (Vita EasyShade).

To improve the validity and reliability of the study, two identical measurements were taken on the same tooth so that the data obtained were used to average the coordinates L, a* and b*.

RESULTS

Descriptive analysis

In Group A (without light) consisting of 20 teeth we see a mean colour difference (ΔE) of 11,25 between the beginning and the first session, 2,98 between the first and the second session and a mean of 12,82 between the beginning and the second final session. In Group B (with light) consisting of 20 teeth we see a mean colour difference (ΔE) of 14,67 between the beginning and the first session, 3,55 between the first and the second session and a mean of 17,32 between the beginning and the second final session. In all cases, the second session has been the least impacting if we look at the data in table 1.

According to the stated objectives, these were the results:

To evaluate the efficacy of 37% hydrogen peroxide activated with LED light during tooth whitening in anterior teeth by means of the colour difference calculated with the ΔE equation.

After analysing the effects of bleaching in groups A and B, considering the effects of the different sessions globally, a statistically significant difference ($p < 0.001$) was found in the average colour between the groups, with the best results recorded in the group subjected to LED photoactivation.

To compare the colour difference (equation ΔE) between the initial colour and the first bleaching session in the different groups.

After examining the effects of bleaching with equation ΔE between baseline and first bleaching session, statistically significant differences between values ($p < 0.001$) were detected in both group A and group B.

To compare the colour difference (equation ΔE) between the first and last bleaching session in the different groups.

After examining the effects of bleaching with equation ΔE between the first and the last session (session 1 - session 2), statistically significant differences between the values were detected ($p < 0.001$).

Similar results were observed in both groups when evaluating the effects of bleaching during the same sessions (first and second).

To compare the colour difference (equation ΔE) between the initial colour and the last bleaching session in the different groups.

Examining both groups independently, group A and group B, revealed statistically significant differences ($p < 0.001$) when comparing the colour variation, as measured by the ΔE equation, between the different specimens at the beginning of the study and after two bleaching sessions.

DISCUSSION

In our study, the difference in the ability of the bleaching product to decompose the chromogenic molecules was evaluated when subjected to LED light and when not subjected to LED light.

For the preservation of teeth in thymol solution we refer to the studies of Basheer et al. (2023), De Oliveira Gallinari et al. (2019), Costa et al. (2021), Costa et al. (2021) (2,4,5,11).

Our experiment with Pola Office product consisted of 3 applications of 8 minutes during 2 sessions, with the second one per week.

In Group A the 8 minutes were without light application while in Group B it was 8 minutes combined with light.

The same Pola Office product and LED lamp (Radii, SDI) were used in the study by Ergin et al (2018). They used the product for 8 minutes but with LED light curing for only 20 seconds in each of the 3 applications (9).

According to the study by Wang et al. although it is from 2013, bleaching with light improves tooth colour and even more so when the exposure time is longer than 10 minutes compared to 8 minutes (14).

However, there is a difference with the study by De Oliveira Gallinari et al. (2019) which consisted of whitening sessions lasting 30 minutes, with 20 cycles involving one minute of irradiation with 30-second intervals between cycles. In the same study they verified that LED light did not influence the final result if used together with 35% hydrogen peroxide, while it enhanced the whitening effect if combined with 16-17.5% hydrogen peroxide (4,18).

A valid alternative to obtain tooth whitening results is through a combination of in-office and at-home techniques; the latter has several advantages. For example, the fact of

saving time in the dental office, since more whitening sessions are usually necessary to obtain satisfactory results (19).

This leads us to conclude that today, in order to obtain maximum results with minimum adverse effects, it is advisable to carry out a combined whitening treatment, in the clinic with high concentrations of hydrogen peroxide and at home with low concentrations (18).

According to the results shown in table 1, it is possible to distinguish the difference in positive data obtained by applying the product and activating it with light as opposed to the samples not activated by light.

This hypothesis is different if compared to the study by Grazioli et al. (2018) where it is shown that the application of light does not improve the whitening efficacy even if highly concentrated products are used (12).

L*, a* and b* are the three variables that measure this colour difference using a spectrophotometer. To measure the difference and the colour change on tooth enamel, we use the Delta E (ΔE).

The limitations of the study are: in vitro study with human teeth, artificial pigmentation with black tea, extracted teeth have been stored in distilled water and 0.5% Thymol which is different from the oral environment, due to the use of position splints to measure the colour at exactly the same place of the tooth 2 measurements have been done each time and it has been noticed that with the spectrophotometer no significant differences were present. In addition to the variability with regard to the anterior teeth used as there are maxillary incisors, mandibular incisors and canines.

The conclusions comparing the two groups A (without light) and B (with light) showed that photoactivation with LED light (group B) obtained better results than non-photoactivation (group A). LED light improves the tooth whitening process with 37% hydrogen peroxide.

BIBLIOGRAPHY

1. Gasmi Benahmed A, Gasmi A, Menzel A, Hrynovets I, Chirumbolo S, Shanaida M, et al. A review on natural teeth whitening. Vol. 64, *Journal of Oral Biosciences*. Japanese Association for Oral Biology; 2022. p. 49–58.
2. Basheer RR, Abouelmagd DM, Alnefaie A, Baamer R. Effect of At-Home Versus Over-the-Counter Bleaching Agents on Enamel Color, Roughness, and Color Stability. *Cureus*. 2023;15(5):39036.
3. Ugurlu M, Al-Haj Husain N, Özcan M. Color Change after 25% Hydrogen Peroxide Bleaching with Photoactivation: A Methodological Assessment Using Spectrophotometer versus Digital Photographs. *Materials*. 2022;15(14):1–10.
4. De Oliveira Gallinari M, Fagundes TC, Da Silva LMAV, De Almeida Souza MMB, De Souza Barboza AC, Briso ALF. A new approach for dental bleaching using violet light with or without the use of whitening gel: Study of bleaching effectiveness. *Oper Dent*. 2019;44(5):521–9.
5. Costa JL de SG, Besegato JF, Kuga MC. Bleaching and microstructural effects of low concentration hydrogen peroxide photoactivated with LED/laser system on bovine enamel. *Photodiagnosis Photodyn Ther*. 2021;35.
6. Shahabi S, Assadian H, Nahavandi AM, Nokhbatolfoghahaei H. Comparison of tooth color change after bleaching with conventional and different light-activated methods. *J Lasers Med Sci*. 2018;9(1):27–31.
7. Anagnostaki E, Mylona V, Kosma K, Parker S, Chala M, Cronshaw M, et al. A spectrophotometric study on light attenuation properties of dental bleaching gels: Potential relevance to irradiation parameters. *Dent J (Basel)*. 2020;8(4):137.
8. Fernandes BM, Tanaka MH, De Oliveira ALBM, Scatolin RS. Color stability of dental enamel bleached with violet LED associated with or without Low concentration peroxide gels. *Photodiagnosis Photodyn Ther*. 2021;33.
9. 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 Med Sci*. 2018;33(9):1913–8.
10. Álvarez-Quiceno D, Rojas-Martínez PA, Cruz-González AC. 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.

11. Costa JL de SG, Besegato JF, Zaniboni JF, Kuga MC. LED/laser photoactivation enhances the whitening efficacy of low concentration hydrogen peroxide without microstructural enamel changes. *Photodiagnosis Photodyn Ther.* 2021;36.
12. Grazioli G, Valente LL, Isolan CP, Pinheiro HA, Duarte CG, Münchow EA. Bleaching and enamel surface interactions resulting from the use of highly-concentrated bleaching gels. *Arch Oral Biol.* 2018;87:157–62.
13. Al-Karadaghi TS, Al-Saedi AA, Al-Maliky MA, Mahmood 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.
14. 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. *Dent Mater J.* 2013;32(5):761–6.
15. Álvarez-Quinceno Daniela, Rojas-Martinez Paola-Andrea, Cruz-González Alberto-Carlos. Change of dental color and temperature through two bleaching agents boosted with light emi. *Wiley periodicals LLc.* 2021;1–7.
16. Oteo Calatayud J, Profesor Asociado M, Oteo Calatayud C, Profesor Titular M, Oteo Zaccagnini A, José Calvo Box M, et al. Clinical Efficacy of a Bleaching System Based on Hydrogen Peroxide with or without Light Activation. *Summer.* 2010;5(2):216–24.
17. Silva Daltro TW, Gomes de Almeida SA, Dias MF, Lins-Filho PC, da Silva CHV, Guimarães RP. The influence of violet LED light on tooth bleaching protocols: In vitro study of bleaching effectiveness. *Photodiagnosis Photodyn Ther.* 2020;32.
18. Mounika A, Mandava J, Roopesh B, Karri G. Clinical evaluation of color change and tooth sensitivity with in-office and home bleaching treatments. *Indian Journal of Dental Research.* 2018;29(4):423–7.
19. Rodrigues JL, Rocha PS, Pardim SL de S, Machado ACV, Faria-e-Silva AL, Seraidarian PI. Association between in-office and at-home tooth bleaching: A single blind randomized clinical trial. *Braz Dent J.* 2018;29(2):133–9.

ANEXOS



Fig. 1: teeth in black tea solutions



Fig. 2: positioning splints



Fig. 3: bleaching product (pola office +)



Fig. 4: spectrophotometer measurement

		GROUP		
		Total	A	B
delta E initial_s1	N	40	20	20
	Media	12,96	11,25	14,67
	Standard deviation	6,76	3,08	8,84
	Minimum	5,42	5,42	7,42
	Maximum	40,37	20,46	40,37
	Percentil 25	9,95	9,59	10,47
	Median	11,58	11,44	12,20
	Percentil 75	12,98	12,08	15,04
delta E s1_s2	N	40	20	20
	Media	3,26	2,98	3,55
	Standard deviation	1,60	1,53	1,66
	Minimum	0,36	0,58	0,36
	Maximum	6,48	5,94	6,48
	Percentil 25	1,99	1,75	2,28
	Median	3,08	2,72	3,50
	Percentil 75	4,15	3,67	4,73
delta E initial_s2	N	40	20	20
	Media	15,07	12,82	17,32
	Standard deviation	6,82	3,74	8,41
	Minimum	7,52	7,52	9,67
	Maximum	41,72	24,49	41,72
	Percentil 25	11,31	10,50	12,95
	Median	13,24	11,93	14,52
	Percentil 75	15,77	14,51	17,80

Table 1: delta E between applications according to group